الإدراك الحسي البصري والسمعي



تأليف

دكتور
السيد علي سيد أحمد

دكتورة
فائقة محمد بدر

الطبعة الأولى
١٤٢٢هـ - ٢٠٠١م

توزيع مكتبة النهضة المصرية
٩ش عدلي - القاهرة

الإدراك الحسي البصري والسمعي

الإدراك الحسى البصرى والسمعى

تأليف

دكتـــور
السيد على سيد احمد

دكتـــورة
فـائقـة مـحـمـد بـدر

الطبعة الأولى
١٤٢٢هـ - ٢٠٠١م

توزيـع مكتبة النهضة المصريـة
٩ش عدلى - القاهرة

الناشر : **مكتبة النهضة المصرية**

العنوان : ٩ ش عدلى – القاهرة

الطبع : **مركز آيات للكمبيوتر والطباعة**

العنوان : مساكن لكوظ – الزقازيق – جمهورية مصر العربية

تليفون : ٠٥٥/٢٩٥٢٢٠ – ٠١٢/٣٧٩٧٦٤٧

الجمع : **مركز آيات للكمبيوتر والطباعة**

رقم الإيداع : ٢٠٠٠/٨٥٢٢

الطبعة الأولى : ١٤٢٢هـ – ٢٠٠١م

التصميم : **مركز آيات للكمبيوتر والطباعة**



سَنُرِيهِمْ ءَايَـٰتِنَا فِى ٱلْـَٔافَاقِ وَفِىٓ أَنفُسِهِمْ
حَتَّىٰ يَتَبَيَّنَ لَهُمْ

أَنَّهُ ٱلْحَقُّ

فصلت ٥٣

أَوَلَمْ يَكْفِ بِرَبِّكَ أَنَّهُۥ عَلَىٰ كُلِّ شَىْءٍ شَهِيدٌ

الفهـــرس

مقدمــــة

يتنوع الإدراك الحسى بتنوع الحواس التى تستقبل التنبيه لذلك نجد هناك إدراكاً بصرياً، وسمعياً، وشمياً، وذوقياً، ولمسياً، ويعنى الإدراك الحسى بصفة عامة تفسير التنبيهات الحسية التى تستقبلها الحواس المختلفة وإضفاء معنىً عليها وفقاً لخبرة الفرد السابقة بهذه التنبيهات.

ونظراً لأهمية موضوع الإدراك فى مجال علم النفس المعرفى الذى تركز عليه ثورة الكمبيوتر والإنترنت التى يشهدها العالم هذه الأيام رأينا أن نقوم بهذا العمل العلمى المتواضع، وعندما قمنا بمسح التراث العربى المتاح لنا وجدنا أن المكتبة العربية تخلو تماماً من أى مرجع متخصص فى موضوع الإدراك، وفضلاً عن ذلك فإن كتب علم النفس المعرفى التى عالجت هذا الموضوع عددها قليل جداً ، وعندما تعرضت لهذا الموضوع عرضته عرضاً سريعاً فيما لا يزيد عن فصل واحدٍ من فصولها معلوماته مكررة بينها ومصادرها قديمة وهذا ما دفعنا لإنجاز هذا العمل العلمى المتواضع بغية سد العجز الواضح عن هذا الموضوع فى المكتبة العربية، ولتزويد الدارسين والمهتمين بهذا الموضوع بالمعلومات العلمية الحديثة التى نشرت عنه. ولقد جاء عرضنا لهذا الكتاب فى سبعة فصول ختمنا كل منها بقائمة من المراجع التى استعنا بها فى إعداده حيث قمنا بمعالجة الإدراك البصرى بجوانبه المختلفة فى الفصول الستة الأولى، أما الفصل السابع والأخير فقد عالجنا فيه الإدراك السمعي، ونبين كيفيــة عرض محتويات هذا الكتاب فيما يلى:

الفصل الأول: لقد عالجنا الإحساس البصرى فى هذا الفصل حيث بدأ عرضنا بتعريف الإحساس بصفة عامة ثم أشرنا إلى معنى الإدراك الحسى ثم قدمنا بعد

ذلك عرضاً وافياً للجهاز البصرى ومكوناته المختلفة ثم تطرقنا بعد ذلك للعوامل التى يجب توافرها فى عملية الرؤية وركزنا فيها على حدة الإبصار والعوامل التى تؤثر عليها.

الفصل الثاني: لقد عرضنا فيه إدراك الأشكال ولذلك تعرضنا لعمليتى البحث البصرى، والتعرف البصرى، ثم تلا ذلك عرض للنظريات المفسرة لإدراك الأشكال، وبعدها قدمنا عرضاً لقوانين التنظيم الإدراكى لحقه عرض لطرق المعالجة الإدراكية للشكل ثم ختمنا هذا الفصل بمعالجة لثبات الشكل.

الفصل الثالث: لقد عالجنا فى هذا الفصل إدراك الألوان ولذلك قدمنا فيه عرضاً لخصائص الألوان، وخلطها ، والنظريات المفسرة لإدراك الألوان، والمسارات العصبية للألوان، وبعد ذلك أشرنا للعوامل التى تؤثر على إدراك الألوان وأتبعناه بعرض لثبات الألوان، ثم ختمنا هذا الفصل بعرض لمشكلات إدراك الألوان.

الفصل الرابع: قدمنا فى هذا الفصل عرضاً لإدراك المسافة والعمق (البعد الثالث)، ولذلك اشتمل على عرض لمصادر معلومات المسافة والعمق (الإشارات الطبيعية والفسيولوچية) ثم عرض لدور حركات العينين، والعين المهيمنة فى إدراك الاتجاه ثم أشرنا بعد ذلك للتنافس الذى يحدث بين العينين لإدراك إشارات المسافة والعمق ثم قدمنا عرضاً للنظريات المفسرة لإدراك المسافة والعمق.

الفصل الخامس: تمت معالجة إدراك الأحجام فى هذا الفصل ولذلك اشتمل على عرض مفصل لثبات الأحجام، وتفسير العلماء لثبات الأحجام، ثم تلا ذلك عرض وافٍ للخداع البصرى الذى يحدث فى إدراكنا للأحجام.

الفصل السادس: لقد عرضنا فيه إدراك الحركة، ولذلك بينا فى هذا العرض أنواع الحركة، ومصادر معلومات الحركة، وأخيراً أشرنا للمسارات العصبية لمعلومات الحركة ومراكز معالجتها فى المخ.

الفصل السابع: لقد خصصنا هذا الفصل للإدراك السمعي حيث قدمنا فيه عرضاً مفصلاً للعناصر التي يجب توافرها لحدوث الإدراك السمعي والتي تتكون من المنبه، والجهاز السمعي والمراكز السمعية في القشرة المخية ثم ختمنا هذا الفصل بعرض وافٍ لإدراك الأصوات.

وأخيرا نأمل أن يحقق هذا الكتاب الأهداف المرجوه منه

تحريراً في: ٥ شعبان عام ١٤٢١هـ
الموافـــق: ٢٠٠٠/١١/١م

المؤلفان

د/ السيد علي سيد احمد **د/ فائقة محمد بدر**

الفصل الأول



الإحساس البصرى

المحتويات

الإحساس البصرى

يعرف الإحساس فى ضوء النظرية الوظيفية بأنه العملية أو النشاط الحسى المتغير الذى يمكن من خلاله الوعى بالمنبهات الخارجية أو الداخلية مثل الألوان، والأصوات، والروائح ..... الخ. ولذلك يمكن أن ننظر للإحساس على أنه عملية التقاط أو تجميع للمعطيات الحسية التى ترد إلى الجهاز العصبى المركزى عن طريق أعضاء الحس المختلفة، وهذا يعنى أن الإحساس يمثل حلقة الوصل بين المنبهات الخارجية أو الداخلية، وإدراكها (**عبد الحليم محمود، وآخرون، ١٩٩٠**).

والإدراك الحسى يعنى تفسير التنبهات الحسية التى تستقبلها أعضاء الحس المختلفة وإضفاء معنى عليها وفقاً لخبرة الفرد السابقة بهذه التنبيهات، وتبدأ عملية الإدراك الحسى بالإحساس بمصدر التنبيه من خلال الطاقة التى تؤثر على الخلايا الحسية التى تستقبل ذلك التنبيه والتى تختلف من حاسة لأخرى حيث تتأثر حاسة البصر بالموجات الضوئية، بينما تتأثر حاسة السمع بالموجات الصوتيه فى حين تتأثر حاستا الشم والذوق بالمواد الكيميائية، وأخيراً تتأثر خلايا الجلد الحسية بالضغط وميكانيكية الحركة، ثم تقوم الخلايا الحسية بعد ذلك بتحويل هذه التنبيهات إلى نبضات عصبية يتم نقلها عن طريق الخلايا العصبية الخاصة بكل حاسة إلى المراكز العصبية الخاصة بها فى القشرة المخيه حيث تتم فيها معالجتها إدراكياً وإضفاء معنى عليها (**Arend, 1994**).

ويحدث الإدراك الحسى لقدر معين من الطاقة التنبيهيه يطلق عليها العلماء العتبات المطلقة، والعتبات الفارقة. فالعتبة المطلقة هى أدنى قدر من الطاقة اللازمة لتنبيه عضو حسى معين لدى الفرد. فمثلاً نجد أن العين لا تستطيع رؤية الموجات الضوئية القصيرة جداً مثل أشعة إكس، والأشعة فوق البنفسجية، كذلك لا

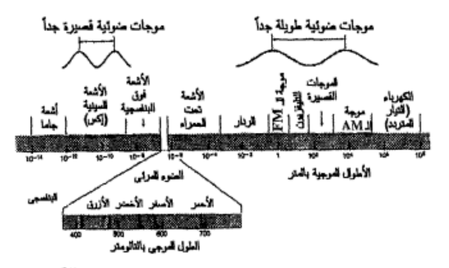
تستطيع الأذن سماع الموجات الصوتية عالية التردد أو منخفضة التردد. أما العتبة الفارقة فإنها تعنى أدنى قدر من الطاقة التنبيهية اللازمة للتمييز بين منبهين (عبد الحليم محمود، وآخرون، ١٩٩٠).

ولما كانت مستقبلات التنبيه فى حاسة البصر هى مستقبلات ضوئية، لذلك فإن رؤية الأشياء تستلزم توافر قدر من الضوء حتى يتم من خلال موجاته الضوئية نقل المعلومات البصرية المختلفة من هذه الأشياء إلى المستقبلات الضوئية فى كلتا العينين، ونظراً لهذه الأهمية البالغة للضوء فى عملية الرؤية لذلك سنقدم فى الجزء التالى عرضاً مختصراً للضوء، ثم نتبعه بعرض للجهاز البصرى ومكوناته، ثم نختتم هذا الفصل بعرض موجز لأهم العوامل التى يجب توافرها لرؤية المنبهات البصرية.

أولاً: الضوء

إن الإنسان لا يستطيع أن يرى ما حوله فى البيئة المحيطة به إلا فى وجود قدر من الطاقة التى تسمح له برؤية المنبهات البصرية المختلفة مثل الأشكال والأحجام والألوان... إلخ، والضوء الذى يراه الإنسان هو جزء صغير جداً من الإشعاع الكهرومغناطيسى الذى يملأ الفراغ، وهو يتكون من جزيئات صغيرة جداً يطلق عليها العلماء الفوتونات، والفوتون Photonهو أصغر وحدة للطاقة، ومن ثم فإن شدة الضوء تقاس بعدد الفوتونات التى يحتويها الضوء، وتتجمع هذه الفوتونات معاً لكى تسير فى شكل موجات ضوئية مستقيمة أو متذبذبة، وتتفاوت أطوال هذه الموجات الضوئية حيث تبلغ واحداً على تريليون من السنتيمتر للموجات القصيرة جداً، بينما تبلغ عدة كيلو مترات للموجات الطويلة جداً (Whittle, 1994).

وتقاس أطوال الموجات الضوئية بالنانومتر nanometer وهو يساوى واحداً على بليون من المتر، والجزء الذى يراه الإنسان من الضوء صغير جداً بالنسبة لطيف الإشعاع الكهرومغناطيسى حيث يمتد ما بين (٣٦٠-٧٦٠) نانومتر كما هو مبين فى الشكل رقم (١) . أما الموجات الضوئية القصيرة جداً مثل أشعة جاما، والأشعة السينية، والأشعة فوق البنفسجية، وكذلك الموجات الضوئية الطويلة جداً مثل الأشعة تحت الحمراء، وموجات الرادار، والإذاعة، والتليفزيون، والتيار الكهربائى المتردد فإن الإنسان لا يستطيع رؤيتها **(Arend, 1994).**



الشكل (١) يظهر طيف الإشعاع الكهرومغناطيسى، مع تكبير المنطقة التى تحتوى على الضوئ المرئى

كما أن إدراكنا للألوان يتوقف على أطوال الموجات الضوئية المنبعثة من الإضاءة، أو المنعكسة من سطح الأشياء التى سقط عليها الضوء، فكما هو مبين فى الشكل رقم (١) فإن الموجات الضوئية التى تبلغ (٤٠٠) نانومتر تجعلنا ندرك اللون البنفسجى، أما الموجات الضوئية التى تبلغ (٥٠٠) نانومتر فإنها تجعلنا ندرك اللون الأخضر المائل للزرقة، وأما الموجات الضوئية التى تبلغ (٦٠٠)

نانومتر فإنها تجعلنا ندرك اللون البرتقالى، فى حين أن الموجات الضوئية التى تبلغ (٧٠٠) نانومتر تجعلنا ندرك اللون الأحمر (Bergstrom, 1994).

تعريف الضوء :

يمكن لنا بعد هذا العرض الذى قدمناه أن نستخلص تعريفاً للضوء حيث نعرفه بأنه جزء من طيف الاشعاع الكهرومغناطيسى تتراوح أطوال موجاته الضوئية ما بين (٤٠٠ - ٧٠٠) نانومتر تقريباً.

ثانياً : الجهاز البصرى

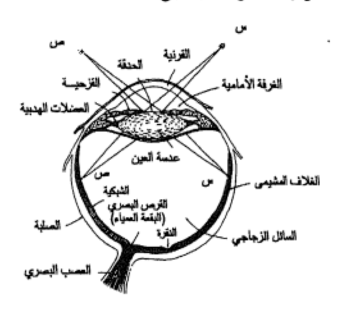
يتكون الجهاز البصرى لدى الإنسان من العينين والعصبين البصريين اللذين يخرجان من شبكتى العينين حيث يلتقيان عند نقطة تسمى نقطة التقاطع، وهذه النقطة ليست موضع اتصال أو تلاحم للعصبين البصريين، ولكنها نقطة عبور فقط حيث يأخذ كل عصب بصرى بعدها مسماً آخر هو: المجرى البصرى والذى يتجه بعد نقطة التقاطع إلى الجهة الأخرى فى القشرة المخية التى تقع عكس جهة العين التى يخرج منها العصب البصرى، ولذلك سنقدم عرضاً مفصلاً لبنية العين، والمسارات العصبية البصرية، ومراكز الإحساس البصرى بالمخ فيما يلى:

أ - بنية العين :

تقع عين الإنسان داخل تجويف عظمى فى الجمجمة، وهى كروية الشكل مسطحة قليلاً يتراوح قطرها ما بين (٢٠ - ٢٥) ملليمتر تقريباً، وتحاط العين بغشاء خارجى قوى ومرن أبيض اللون يسمى الصلبة (بياض العين)، وتحافظ العين على شكلها الكروى من خلال ضغط السائل الزجاجى على الصلبة، وفضلاً عن أهمية الصلبة فى المحافظة على شكل العين فإنها تتصل

أيضا بالعضلات التى تتحكم فى تحريك العين (Fatt & Weissman, 1992) .

وتتكون العين من القرنية، والغرفة الأمامية، والقزحية، والحدقة (إنسان العين)، والعدسة، والغرفة الخلفية، والشبكية، والغلاف المشيمى، وأخيراً العصب البصرى الذى يبدأ من الشبكية وينتهى فى القشرة المخية، حيث تقوم المستقبلات الضوئية التى توجد فى شبكية العين بتحويل الطاقة الضوئية التى تستقبلها إلى طاقة عصبية يتم إرسالها إلى القشرة المخية فى صورة نبضات عصبية وهناك تتم معالجة المعلومات البصرية وتحليلها وإدراكها، ولذلك فإن العين مثل غيرها من الحواس الأخرى تقوم بتحويل طاقة التنبيه الحسى إلى طاقة عصبية يتم إرسالها إلى المراكز العصبية فى القشرة المخية على شكل نبضات عصبية (Berman, 1991; Beatty, 1995)، ويبين الشكل رقم (٢) مكونات العين، ونقدم عرض مختصر لهذه المكونات فيما يلى:



الشكل (٢) يبين تركيب العين مع توضيح موقع الصورة التى تتكون على الشبكية للمنبهين س ،ص

١ - القرنيــــة :

تحتوى مقدمة العين على غشاء رقيق شفاف يتصل بالصلبة، ويبرز قليلاً إلى الخارج متوسط قطره (١٣) ملليمتر تقريباً يسمى القرنية، وهى أول مكونات العين النشطة بصريا حيث يقوم هذا الجزء (القرنية) بتجميع الموجات الضوئية المنبعثة من مصدر التنبيه، أو المنعكسة من سطح الأشياء وتركيزها على العدسة والتى تقوم بدورها بعمل انكسار لهذه الموجات الضوئية لتركيزها على منطقة توجد فى شبكية العين تسمى البقعة الصفراء حيث تتركز بها المستقبلات الضوئية التى تقوم بامتصاص هذه الطاقة الضوئية وتحولها إلى طاقة عصبية .(Martin & Holden, 1982)

ورغم أن مكونات أنسجة القرنية والصلبة واحدة، إلا أنهما تبدوان مختلفتين لأن الألياف المكونة للصلبة متداخلة لكى تجعلها قوية، ولذلك فإنها ليست شفافة، أما الألياف المكونة للقرنية فإنها موزعة بشكل متجانس ولذلك فإنها تبدو شفافة حتى لا تعوق الأشعة الضوئية التى تدخل إلى شبكية العين .(Fat & Weissman, 1992;Biswell, 1992)

٢ - الغرفة الأمامية :

تقع الغرفة الأمامية خلف القرنية مباشرة، وهى عبارة عن تجويف صغير ملئ بسائل يشبه النخاع الشوكى المحيط بالمخ حيث تتلقى منه خلايا القرنية الغذاء والأكسجين، ويتكون هذا السائل من تحليل بلازما الدم بعد أن تمر بعدة مراحل من الترشيح، لذلك تختلف خلايا القرنية فى طريقة حصولها على الغذاء والأكسجين عن خلايا الجسم الأخرى التى تحصل عليه من الدم الذى يوجد فى الأوعية الدموية المنتشرة فى أجزاء الجسم المختلفة، أما بالنسبة للقرنية فإنها تحصل

على الغذاء والأكسجين اللازمين لها من هذا السائل الذى يوجد بالغرفة الأمامية لأن وجود الأوعية الدموية بين خلايا القرنية، أو فى الغرفة الأمامية سيعوق الضوء الداخل إلى شبكية العين والذى تحمل موجاته المختلفة المعلومات البصرية التى تتلقاها العين من المشهد البصرى، وسوف يترتب على ذلك أن الرؤية ستصبح مشوشة وغير واضحة (Fatt & Weissman, 1992)، ولذلك شاء الله أن يجعل خلايا القرنية تحصل على هذا الغذاء والأكسجين اللازمين لها من سائل لايحتوى على أية أوعية دموية تعوق الرؤية، ونحن إذ نقف أمام هذا الإعجاز فى خلق الله لا نملك إلا أن نقول ﴿فَتَبَارَكَ اللَّهُ أَحْسَنُ الْخَالِقِينَ﴾(١).

ولما كان السائل الذى يوجد بالغرفة الأمامية ناتجاً عن تحلل بلازما الدم، لذلك فإنه يتجدد مثل خلايا الدم عن طريق عملية الهدم والبناء، حيث يخرج السائل القديم من قناة خاصة فى الغرفة الأمامية ثم يسير مع الدم إلى مناطق هدم وبناء كرات الدم فى نخاع العظام، ولكن هذه القناة قد تُسد لدى بعض الأفراد خاصة فى مرحلة الشيخوخة مما يؤدى إلى تراكم كمية كبيرة من هذا السائل فى الغرفة الأمامية وهذا بدوره يحدث ضغطاً على الخلايا العصبية الحساسة فى مقلة العين، واستمرار ضغط هذا السائل عليها يؤدى إلى تلفها، كما أن تجمع هذا السائل الذى تعجز الغرفة الأمامية عن تصريفه يكوّن طبقة تسمى المياه الزرقاء حيث تعوق هذه الطبقة دخول الأشعة الضوئية إلى شبكية العين مما يترتب عليه ضعف قدرة الفرد على الرؤية الواضحة، ولذلك يحتاج علاج هذه الحالة إلى تدخل جراحى لفتح الإنسداد الذى حدث فى هذه القناة وتصريف السائل المتراكم (Voughn & Riordan-Eva, 1992; Fatt & Weissman, 1992).

---

(١) سورة المؤمنون الآية رقم (١٤).

٣ - القزحيــة :

إن القزحية هى ذلك الجزء الملون من العين، فنحن نشاهد عيوناً خضراء وزرقاء وبنية وأخرى سوداء، وألوان العيون هذه ما هى إلا ألوان للقزحية، وتتحدد هذه الألوا ن لدى الإنسان وراثيا أثناء عملية الإخصاب فى رحم الأم مثلها فى ذلك مثل الصفات الأخرى فى جسم الإنسان التى تتحدد بالوراثة مثل الطول، ولون الشعر، ولون البشرة....إلخ، وتعمل هذه الصبغة الملونة للقزحية على حماية العين من الضوء الشديد الذى تتعرض له حيث تمتص هذه الصبغة قدراً كبيراً منه تاركة منه ما يكفى حاجة العين للرؤية الواضحة، ولذلك فإن الألوان البنية والسوداء للقزحية تكون أكثر فعالية فى حماية العين من الضوء الشديد الذى تتعرض له لأن صبغتها الداكنة تكون أكثر امتصاصا للموجات الضوئية المختلفة من الصبغة الخضراء والزرقاء **(Renouf, 1989)**.

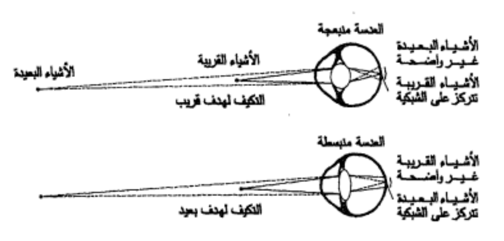
٤ - الحدقة (إنسان العين) :

توجد فى منتصف القزحية فتحة صغيرة تسمى الحدقة أو إنسان العين حيث تمر من خلالها الأشعة الضوئية التى جمعتها القرنية متجهة نحو العدسة، وهناك نوعان من العضلات يرتبطان بالقزحية يعملان على تضييق أو توسيع حدقة العين، فالنوع الأول من هذه العضلات يعمل على تضييق حدقة العين فى حالة الإضاءة الشديدة بحيث يسمح فقط بالقدر اللازم من هذا الضوء لعملية الرؤية، أما فى حالة الإضاءة الضعيفة فإن النوع الثانى من هذه العضلات يعمل على توسيع حدقة العين بحيث تسمح بمرور القدر اللازم من الضوء للرؤية الواضحة التى تمكن العين من تحليل وتمييز التفاصيل المختلفة للمنبهات البصرية **(Chang, 1992)**.

٥ - عدسة العين :

إن عدسة العين هى ذلك الجزء الشفاف الذى يقع خلف الحدقة مباشرة، ومهمتها الأساسية هى تجميع الأشعة الضوئية التى تستقبلها وتركيزها على شبكية

العين لكى يتمكن الفرد من الرؤية الواضحة، وتقوم العدسة بهذه المهمة من خلال العضلات الهدبية التى تتصل بها حيث تعمل هذه العضلات على تغيير شكل العدسة وفقاً لبعد الأشياء المرئية عن العين بحيث تقع الصورة المتكونة للشيء المرئى على شبكية العين، فإذا نظرت العين إلى شيء بعيد فإن العضلات الهدبية ترتخى بالقدر الذى يسمح بإنبساط عدسة العين لتركيز الأشعة الضوئية التى تستقبلها على الشبكية تماماً، أما إذا نظرت العين لشيء قريب فإن العضلات الهدبية تنقبض بالقدر الذى يؤدى إلى انبعاج العين وتغيير مركز بؤرتها بما يلائم التحديق فى الشيء المرئى ويمكن العين من الرؤية الواضحة، وهذا التغير فى شكل وموقع بؤرة عدسة العين يطلق عليه تكيف العين للرؤية وفقا لموقع الشيء المرئى من العين، والشكل رقم (٣) يبين هذا التكيف.



الشكل (٣) يوضح تكيف عدسة العين للأشياء القريبة والبعيدة

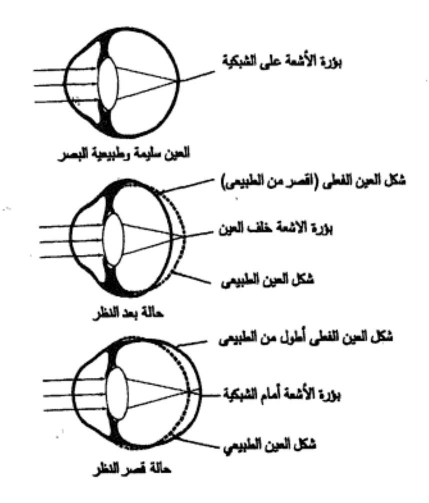
وتعمل عدسة العين أيضاً على تغيير اتجاه الأشعة الضوئية التى تستقبلها بحيث تجعل الصورة المتكونة للشيء المرئى على شبكية العين تكون فى وضع مقلوب حيث يكون أعلاها فى المشهد البصرى أسفلها على الشبكية والعكس صحيح، كما أن الأشياء التى تقع فى الجهة اليمنى فى المشهد البصرى تقع

الصورة المتكونة لها على الشبكية فى الجهة اليسرى من الشبكية، والعكس صحيح (Fatt & Weissman, 1992 ; Koretz& Handelman, 1988).

وتبين نتائج الأبحاث العلمية بأنه كلما تقدم الإنسان فى العمر بعد سن الأربعين كلما ضعفت لديه قدرة العضلات الهدبية على الانقباض بما يعنى أن عدسة العين تجد صعوبة فى عملية التكيف لرؤية الأشياء القريبة، ويطلق العلماء على هذه الحالة شيخوخة البصر والتى تزداد أعراضها كلما تقدم الفرد فى العمر بعد سن الأربعين، كما بينوا أيضاً أن شيخوخة البصر ترجع لعدة عوامل أهمها هو أن عدسة العين تستمر فى النمو مدى الحياة على عكس أعضاء جسم الإنسان الأخرى التى يتوقف نموها عند مرحلة عمرية معينة، ونظراً لاستمرار هذا النمو فى عدسة العين فإن سمكها يزداد تبعاً لذلك كلما تقدم الفرد فى العمر ويتضح ذلك بوضوح لدى المسنين ، ولذلك فإنهم عندما ينظرون إلى أشياء قريبة فإن شد العضلات الهدبية لعدسة العين لا يستطيع أن يغير من شكلها نظراً لسمكها الذى حدث نتيجة لنموها المستمر وبالتالى فإن مركز بؤرة عدسة العين فى هذه الحالة لن يتغير ولذلك فإن الصورة التى تكونها العدسة للشىء المرئى ستقع فى منطقة البقعة العمياء بعد الشبكية ولعل ذلك يفسر لنا عدم قدرة المسنين على رؤية الأشياء القريبة من العين (Fatt & Weissman, 1992).

وهناك بعض الأفراد لديهم عيوب خلقية فى تكوين عيونهم مما يؤثر على عملية الرؤية لديهم، فمثلاً قد يكون انحناء القرنية أقل أو أكثر من انحنائها الطبيعى، أو تكون العين أطول أو أقصر من طولها الطبيعى كما هو مبين فى الشكل رقم (٤). فإذا كان انحناء القرنية أقل من انحنائها الطبيعى، أو كان طول العين أقصر من طولها الطبيعى فإن الصور المتكونة للأشياء القريبة ستقع فى هذه الحالة خلف الشبكية فى البقعة العمياء وهذا يعنى أن العين لن تتمكن من رؤية الأشياء القريبة، بينما تتمكن من رؤية الأشياء البعيدة بوضوح، ويطلق

العلماء على هذه الحالة بعد النظر وهى تعنى أن الفرد يعجز عن رؤية الأشياء القريبة، بينما تكون رؤيته للأشياء البعيدة واضحة، إما إذا كان انحناء القرنية أكثر من انحنائها الطبيعى، أو كان طول العين أطول من طولها الطبيعى فسوف يحدث العكس حيث يمكن للعين أن ترى بوضوح الأشياء القريبة منها، بينما تعجز عن رؤية الأشياء البعيدة، وهذه الحالة يطلق عليها قصر النظر.



الشكل (٤) يبين العيوب الخلقية فى طول العين

ومن الصفات الأخرى المميزة لعدسة العين أنها ليست شفافة حيث تصطبغ بصبغة تميل إلى الإصفرار، وتبين الدراسات العلمية الحديثة أن كثافة

هذه الصبغة فى عدسة العين تزداد كلما تقدم الفرد فى العمر، ولذلك نجدها عند المسنين تحجب مرور بعض الأشعة الضوئية إلى المستقبلات الضوئية فى الشبكية خاصة الموجات الضوئية التى تحمل صفات اللون الأزرق، ولذلك تؤدى إلى اضطراب فى إدراك الألوان لدى المسنين **(Beatty, 1995)**.

٦ - الغرفة الخلفية :

تقع الغرفة الخلفية بين العدسة والشبكية، وهى تحتوى على سائل شبيه بالهلام يسمى السائل الزجاجى حيث يؤدى وجوده فى الغرفة الخلفية إلى المحافظة على مقلة العين فى شكلها الكروى، ورغم أن هذا السائل صافياً، إلا أنه يحتوى على بعض المواد الصلبة التى تسمى المواد الطافية، ويمكن لأى فرد أن يرى هذه المواد الطافية عندما ينظر إلى سطح ناصع البياض، أو إلى السماء وهى صافية، وهناك فائدة أخرى لهذا السائل وهى أنه يمد المكونات الداخلية للعين بما تحتاجه من غذاء وأكسجين **(Fatt & Weissman, 1992)**.

٧ - الشبكية :

يبلغ سمك الشبكية مثل سمك ورقة واحدة من هذا الكتاب تقريباً، وهى تتكون من ثلاث طبقات من النسيج العصبى حيث تحتوى الطبقة الأولى على نوعين من المستقبلات الضوئية، فالنوع الأول منها خلاياها طويلة ورفيعة وإسطوانية الشكل لذلك تسمى الخلايا العصوية، أما النوع الثانى فإن خلاياها مدببة وأقصر من الخلايا العصوية وأكثر منها سمكاً ولذلك تسمى الخلايا المخروطية **(Tomita, 1986)**.

كما تحتوى الطبقة الأولى أيضاً على بقعة صغيرة ذات صبغة صفراء لذلك تسمى بالبقعة الصفراء، ويوجد فى وسط هذه البقعة الصفراء منطقة هابطة يبلغ قطرها حوالى ($\frac{1}{3}$) ملليمتر تقريباً تسمى النقرة، وهذه النقرة بالغة الأهمية فى عملية الرؤية لأن المستقبلات الضوئية تتركز فيها، حيث تتركز الخلايا المخروطية

فى وسطها والتى تقل كثافتها تدريجيا كلما اتجه موقعها نحو حافة النقرة، أما الخلايا العصوية فإنها تتركز على حافة النقرة وتقل كثافتها تدريجياً فى اتجاه بؤرة النقرة، (**Curcio, *et al,* 1987**).

وتشكل الخلايا العصوية والمخروطية نوعين مختلفين من المستقبلات الضوئية، وهذا يرجع لاختلاف الصبغيات العصبية التى تحيط بغشاء كل نوع منهما. فلقد بينت نتائج الدراسات العلمية أن الصبغيات التى تحيط بغشاء الخلايا المخروطية تنشط عند تعرضها للضوء، ولذلك يرى العلماء أن هذه الخلايا تختص بالرؤية النهارية، وأن الصبغيات التى تحيط بغشاء الخلايا العصوية تنشط فى ظروف الإضاءة الرديئة ولذلك يرى العلماء أنها تختص بالرؤية الليلية، كذلك أظهرت نتائج هذه الدراسات أن الأفراد الذين كانوا يعانون من عدم القدرة على الرؤية الواضحة فى الضوء الضعيف كانت شبكيات عيونهم إما أنها تحتوى على خلايا مخروطية فقط، أو أنها تحتوى أيضاً على خلايا عصوية ولكنها لا تعمل، أما الأفراد الذين كانوا يعانون من عدم القدرة على الرؤية الواضحة فى الضوء الساطع فقد كانت شبكيات عيونهم إما أنها تحتوى على خلايا عصوية فقط، أو أنها تحتوى أيضاً على خلايا مخروطية ولكنها لا تعمل، ولذلك أكد العلماء على أن وجود هذين النوعين من المستقبلات الضوئية فى شبكية العين يجعلهما يشكلان نمطين مختلفين لعملية الرؤية حيث تختص الخلايا المخروطية بالرؤية فى حالة الإضاءة الجيدة ، بينما تختص الخلايا العصوية بالرؤية فى ظروف الإضاءة الضعيفة والرديئة (**Stryer, 1987; Shapley, *et al,* 1993; Beatty, 1995**).

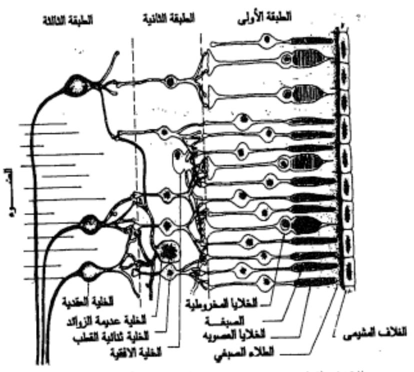
أما الطبقة الثانية من طبقات الشبكية فإنها تتكون من الخلايا العصبية ثنائية القطب، وترجع تسميتها بهذا الاسم لأن هذه الخلايا لها زائدتان عصبيتان تتصل

إحداهما بالمستقبلات الضوئية التى توجد فى الطبقة الأولى من طبقات النسيج الشبكى حيث تستقبل منها المعلومات التى جمعتها عن منبهات المشهد البصرى من خلال الأشعة الضوئية التى تسقط عليها، بينما تتصل الزائدة العصبية الثانية بالخلايا العقدية التى توجد فى الطبقة الثالثة من طبقات نسيج الشبكية حيث تمدها بالمعلومات البصرية التى استقبلتها الخلايا ثنائية القطب من المستقبلات الضوئية (De Valois & De Valois, 1993)، والجدير بالذكر أن الخلايا العصبية ثنائية القطب تنقسم هى الأخرى إلى نوعين. فالنوع الأول منهما خلاياه صغيرة الحجم، وهى تتصل بالخلايا المخروطية التى تنشط فى ظروف الإضاءة الجيدة، أما النوع الثانى فإن خلاياه كبيرة الحجم وهى تتصل بالخلايا العصوية التى تنشط فى ظروف الإضاءة الضعيفة والرديئة (Shapley, 1990).

أما بالنسبة للطبقة الثالثة من طبقات النسيج الشبكى فإنها تحتوى على الخلايا العقدية كما أشرنا إلى ذلك سابقاً، ونود أن نبين أن هذه الخلايا تنقسم أيضاً إلى نوعين: فالنوع الأول منها خلاياه صغيرة الحجم ولذلك تسمى الخلايا العقدية صغيرة الحجم، وهى تتصل بالخلايا ثنائية القطب التى توجد فى الطبقة الثانية من النسيج الشبكى، أما النوع الثانى فخلاياه كبيرة الحجم، ولذلك تسمى الخلايا العقدية كبيرة الحجم، وهى تتصل بالخلايا ثنائية القطب كبيرة الحجم التى توجد فى الطبقة الثانية من نسيج الشبكية (Sherman, 1985; Shapley, 1990)، والشكل رقم (٥) يبين توزيع الخلايا العصبية على طبقات الشبكية الثلاث.

ونستخلص مما سبق أن شبكية العين تحتوى على مسارين بصريين حيث يبدأ المسار الأول بالخلايا المخروطية التى توجد فى الطبقة الأولى من طبقات شبكية العين حيث تتصل هذه الخلايا المخروطية بالخلايا ثنائية القطب صغيرة الحجم التى توجد فى الطبقة الثانية، كما أن الخلايا ثنائية القطب صغيرة الحجم تتصل هى الأخرى بالخلايا العقدية صغيرة الحجم التى توجد فى الطبقة الثالثة

للشبكية، وأخيراً تتصل الخلايا العقدية صغيرة الحجم بالألياف العصبية التى تتجمع معاً مكونة العصب البصرى الذى يحمل المعلومات البصرية من الخلايا العصبية السابقة إلى القشرة المخية لمعالجتها.



الشكل (٣) يوضح تكيف عدسة العين للأشياء القريبة والبعيدة

ولما كانت المعلومات البصرية التى تستقبلها الخلايا المخروطية يتم إرسالها إلى العصب البصرى من خلال الخلايا ثنائية القطب صغيرة الحجم، والخلايا العقدية صغيرة الحجم، لذلك يطلق العلماء على هذا المسار العصبى بأنه المسارالعصبى البصرى الصغير كناية عن الخلايا صغيرة الحجم ثنائية القطب والعقدية التى تحمل المعلومات البصرية من الخلايا المخروطية إلى العصب البصرى، ونظراً لأن الخلايا المخروطية تنشط وتعمل فى وجود الضوء، لذلك فإن المسار البصرى الصغير يحمل المعلومات المختلفة عن الأشكال والألوان والأحجام والحركة والمسافة والعمق.

أما المسار البصرى الثانى فإنه يبدأ بالخلايا العصوية التى توجد فى الطبقة الأولى للشبكية والتى تتصل بالخلايا ثنائية القطب كبيرة الحجم التى توجد فى الطبقة الثانية للشبيكة، والتى تتصل هى أيضاً بالخلايا العقدية كبيرة الحجم التى توجد فى الطبقة الثالثة، ولما كانت المعلومات البصرية التى يحملها هذا المسار البصرى تمر عبر الخلايا العصبية كبيرة الحجم ثنائية القطب والعقدية لذلك يسمى العلماء هذا المسار بأنه المسار البصرى الكبير. ونظراً لأن هذا المسار ينقل المعلومات البصرية التى تجمعها الخلايا العصوية التى تنشط فى ظروف الإضاءة الرديئة، لذلك فإن ملامح وصفات الأشياء التى تنتقل عبر هذا المسار تكون مبهمة وغير واضحة.

بعد ذلك تخرج الخلايا العقدية صغيرة الحجم وكبيرة الحجم من الشبكية حيث تتجمع معاً فى شكل عقد عصبية، ونظراً لأن المنطقة التى تتجمع فيها هذه العقد العصبية ليس بها مستقبلات ضوئية لذلك تسمى هذه المنطقة بالبقعة العمياء، وأخيراً تخرج هذه العقد العصبية من الصلبة فى مؤخرة العين فى شكل حزمة عصبية هى بداية العصب البصرى.

وفضلاً عن أنواع الخلايا العصبية السابق الإشارة إليها التى تحتويها الشبكية، فإنها تحتوى أيضا على عدة أنواع أخرى من الخلايا العصبية ولكنها تتمثل فى نوعين رئيسيين هما الخلايا الأفقية، والخلايا عديمة الزوائد. فالخلايا الأفقية ذات حجم صغير ولها شعيرات عصبية قصيرة، وزائدة أفقية طويلة تمتد عبر الشبكية، أما الخلايا عديمة الزوائد فإن حجمها أكبر من حجم الخلايا الأفقية، وهى تقع بين الخلايا ثنائية القطب، والخلايا العقدية، وتعمل كل من الخلايا العصبية الأفقية، وعديمة الزوائد على تعديل الإشارات العصبية البصرية، كما أنها تنقل النبضات العصبية بين الخلايا العصبية المتجاورة فى الشبكية (Shapley, 1992).

وعندما قام العلماء بفحص العين مجهريا وجدوا أن هناك طبقة داكنة ممتصة للضوء تقع بين الشبكية والصلبة تسمى الغلاف المشيمى، وهو يتكون من شبكة كثيفة من الشرايين والأوردة، ومهمتها الأساسية هى مد خلايا الشبكية بما تحتاجه من غذاء وأكسجين، وفضلاً عن ذلك فإن لونها الداكن يمتص الأشعة الضوئية التى لم تلتقطها المستقبلات الضوئية فى الشبكية لأن وجود مثل هذه الأشعة الضوئية بعيداً عن المستقبلات الضوئية يحدث تشويشا فى عملية الرؤية، ولذلك فإن الغلاف المشيمى يساعد على نقاء الرؤية من خلال التقاطه للأشعة الضوئية الشاردة التى لم تقع على المستقبلات الضوئية فى الشبكية (Wandell,1995).

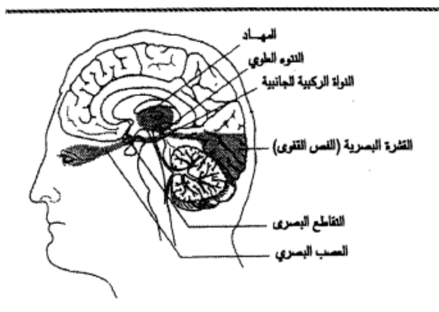
ب - المسارات العصبية البصرية :

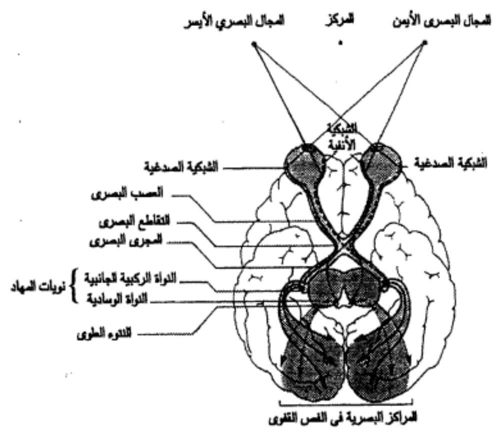
إن الخلايا العقدية المكونة للمسارين البصريين الصغير والكبير فى كل عين على حدة تتجمع معاً فى شكل حزمة عصبية تسمى بعد خروجها من مقلة العين بالعصب البصرى لهذه العين، وهذا يعنى أن العصب البصرى لكل عين يضم خلايا عصبية للمسارين البصريين الصغير والكبير، ويبلغ سمك العصب البصرى للعين الواحدة مثل سمك الأصبع الصغير فى يد الفرد، ويعتبر العصب البصرى بمثابة معبر تمر من خلاله المعلومات البصرية من العين إلى المخ بعد معالجة جزء منها فى الشبكية.

وتنقسم الألياف العصبية المكونة للعصب البصرى إلى قسمين حيث نجد أن الألياف العصبية التى تتصل بالجزء الخارجى لشبكية العين (القريب من الصدغ) والتى تشمل خلايا عصبية للمسارين البصريين الصغير والكبير تأخذ طريقها مباشرة إلى المراكز البصرية بالقشرة المخية من نفس الجهة التى توجد فيها

العين، أما الألياف العصبية التى تتصل بالجـزء الداخلى لشبكية العين (القريب من الأنف) والتى تتكون أيضاً من خلايا عصبية للمسارين البصريين الصغير والكبير، فإنها تعبر إلى المراكز البصرية التى تقع فى الجهة الأخرى للمخ عكس الجهة التى توجد فيها العين التى تخرج منها هذه الألياف العصبية بمعنى أن الألياف العصبية التى تتصل بالجزء المجاور للأنف فى شبكية العين اليمنى تعبر إلى المراكز البصرية التى تقع فى الجهة اليسرى بالمخ، أما الألياف العصبية التى تتصل بالجزء المجاور للأنف فى شبكية العين اليسرى فإنها تعبر إلى المراكز البصرية التى تقع فى الجهة اليمنى بالمخ، ولذلك فإن عبور هذه الألياف العصبية يجعلها تلتقى عند نقطة تسمى نقطة التقاطع ، وهذه النقطة ليست نقطة اتصال بين العصبين البصريين للعينين، ولكنها نقطة عبور فقط للمراكز البصرية التى تقع فى الجهة الأخرى بالمخ، وبعد نقطة التقاطع هذه يأخذ العصب البصرى لكلتا العينين مسماً آخر هو المجرى البصرى، **(Shapley, 1990)**.

وبعد نقطة التقاطع تلتقى خلايا العصب البصرى غير المتقاطعة التى تتصل بالجزء الخارجى لشبكية العين مع خلايا المجرى البصرى المتقاطعة التى تتصل بالجزء الداخلى لشبكية العين الأخرى حيث تتجمعان معاً ثم تنقسمان بعد ذلك إلى قسمين حيث يشكل كل قسم منهما مساراً بصرياً جديداً يضم الخلايا العصبية المتقاطعة وغير المتقاطعة، ويسمى هذان المساران البصريان: الجهاز الركبى الجانبى، والجهاز التنوئى الوسادى **(Shiller, 1988)**، ويبين الشكل رقم (٦) المسارات البصرية من العين إلى القشرة المخية، ونقدم فيما يلى عرض مختصر لهذين المسارين البصريين الجديدين:





الشكل (٦) يوضح المسارات البصرية من العين إلى القشرة البصرية

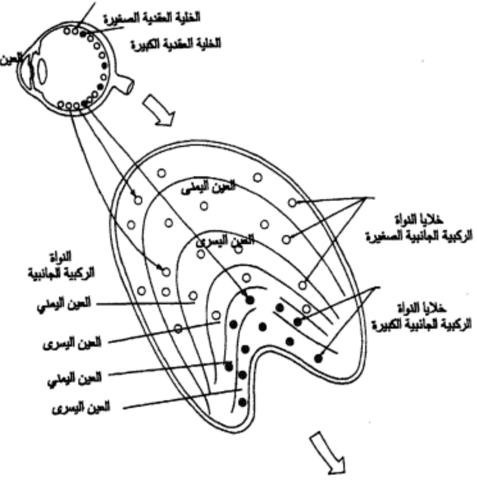
١ ـ الجهاز الركبي الجانبي

يمثل الجهاز الركبي الجانبي المسار البصري الأول، ولقد سمي بهذا الاسم لأن الخلايا العصبية المكونة لهذا المسار تنتهي عند نواتين تقعان على جانبي المهاد حيث تأخذ كل نواة منهما شكل الركبة في وضع الثني، والجدير بالذكر أن كل نواة ركبية لها خلايا استقبالية تشبه الخلايا العقدية الصغيرة أو الكبيرة التي تتصل بها في الشبكية، ولذلك فإنها لا تستجيب إلا للمعلومات التي تستقبلها من الخلية العقدية التي تتصل بها سواء كانت من الخلايا صغيرة الحجم، أو من الخلايا كبيرة الحجم (**Kaplan, *et al,* 1993**).

وتتكون كل نواة ركبية جانبية من ستة طبقات من الخلايا العصبية كما هو مبين في شكل (٧) حيث تختص كل طبقة من هذه الطبقات الستة بالخلايا العصبية المتقاطعة وغير المتقاطعة لعين واحدة، كما تتوزع هذه الطبقات الستة أيضاً بالتناوب بين المدخلات العصبية للعينين حيث إن الطبقة الأولى، والثالثة والخامسة تختص بالمدخلات البصرية للعين اليمنى، بينما تختص الطبقة الثانية والرابعة والسادسة بالمدخلات البصرية للعين اليسرى، ويلاحظ من تشريح النواة الركبية الجانبية أن الطبقات الأربعة العليا خلاياها صغيرة الحجم، ولذلك فإنها تتلقى مدخلاتها من خلايا المسار البصري الصغير السابق الإشارة إليه، بينما نجد أن الطبقتين الخامسة والسادسة خلاياهما كبيرة الحجم، ولذلك فإنها تتلقى مدخلاتها من خلايا المسار البصري الكبير(**Shapley, 1990**).

ولقد بينت نتائج الدراسات العلمية للنواة الركبية الجانبية أن خلاياها نشطة دائماً مثل خلايا المخ الأخرى، ولذلك فإنها تطلق دائماً نبضات عصبية مستمرة حتى لو كانت العين في الظلام، أو كان الفرد في حالة نوم عميق، وهذا

الإطلاق المستمر للنبضات العصبية يساعد خلايا النواة الركبية على سرعة الاستجابة للتنبيهات التى تستقبلها وكذلك سرعة معالجتها وتشفيرها (Kaplan, *et al*, 1993).



الشكل (٧) يبين طبقات الخلايا العصبية المكونة للنواة الركبية

ونود أن نبين فى هذا المقام شيئاً هاماً وهو أن النواة الركبية لا تتلقى مدخلاتها من الخلايا العقدية التى تتصل بها فقط، ولكنها تتلقى الجزء الأكبر من هذه المدخلات من المراكز البصرية فى القشرة المخية حيث يطلق العلماء على هذه العملية الأخيرة بالتغذية المرتجعة. ولقد أوضحت الدراسات العلمية أن التغذية المرتجعة تمد النواة الركبية الجانبية بالمعلومات المخزنة فى الذاكرة البصرية عن المنبه التى تستقبل معلوماته من الشبكية، ولذلك فإن التغذية المرتجعة تساعد النواة الركبية الجانبية على تحليل وتشفير المعلومات البصرية التى تستقبلها من المنبه الخارجى فى المشهد البصرى بناء على المعلومات المخزنة عنه فى الذاكرة البصرية، ولقد بينت نتائج هذه الدراسات العلمية أن المعلومات البصرية التى تستقبلها النواة الركبية الجانبية فى عملية التغذية المرتجعة تمثل (٨٠٪) تقريباً من إجمالى المعلومات التى تستقبلها النواة الركبية، أما النسبة المتبقية والتى تعادل (٢٠٪) تقريباً فإنها تمثل المعلومات التى تستقبلها من العين عن خصائص وصفات وملامح المنبه الذى يقع فى المشهد البصرى (**Shiller,*et al.* , 1986**).

ونستخلص مما سبق أن عملية معالجة المعلومات فى النواة الركبية الجانبية تتم من خلال استقبال النواة الركبية الجانبية لنوعين من المعلومات، حيث تستقبل النوع الأول من هذه المعلومات من الخلايا العقدية فى الشبكية، أى أن مسار هذه المعلومات يتجه من أسفل إلى أعلى، بينما تستقبل النوع الثانى من هذه المعلومات من مراكز الذاكرة البصرية بالمخ حيث توجد المعلومات البصرية المخزنة عن هذا المنبه، ولذلك يتجه مسار هذا النوع من المعلومات من أعلى إلى أسفل فى صورة تغذية مرتجعة، ثم تقوم النواة الركبية الجانبية بعد ذلك بتحليل ومعالجة المعلومات التى استقبلتها من المنبه الذى يقع فى المشهد البصرى بما يتوافق مع المعلومات المخزنة عنه فى الذاكرة البصرية.

وحتى يستكمل الجهاز الركبى الجانبى مساره نحو المراكز البصرية العليا بالقشرة المخية، نجد أن هناك خلايا عصبية أخرى تخرج من النواة الركبية الجانبية متجهة نحو المراكز البصرية فى القشرة المخية التى تقع فى الفص القفوى حيث تتجه معظم هذه الخلايا العصبية إلى المنطقة رقم (١٧) والتى يطلق عليها المنطقة البصرية الأولية، بينما يتجه الجزء الآخر منها إلى المنطقة رقم (١٨) والتى تسمى المنطقة البصرية الثانوية (De Yoe & Van Essen, 1988; Kaplan, *et al.*, 1993).

٢ - الجهاز النتوئى الوسادى

يتمثل المسار البصرى الثانى فى الجهاز النتوئى الوسادى، ولقد سمى بهذا الاسم لأن الخلايا العصبية المتقاطعة وغيرالمتقاطعة المكونة لهذا المسار تنتهى عند نتوئين يقعان على جانبى جذع المخ يسميان النتوئين العلويين حيث تخرج منهما خلايا عصبية تتصل بعضها بالنواة الوسادية التى تقع على المهاد، بينما يتصل بعضها الآخر بالنوايات الأخرى المحيطة بالنواة الوسادية، ونود أن نبين هنا أن الخلايا العصبية المتقاطعة وغير المتقاطعة تأخذ مسارها إلى النتوء العلوى الذى يقع على نفس الجانب الذى تتجمع فيه هذه الخلايا العصبية (Sparks & Mays, 1990).

والنتوء العلوى يشبه النواة الركبية الجانبية من حيث استقباله للمعلومات البصرية حيث يستقبل معظم هذه المعلومات فى شكل تغذية مرتجعة من المراكز البصرية بالقشرة المخية حيث تساعد هذه المعلومات الجهاز النتوئى الوسادى على معالجة المعلومات التى يستقبلها من الخلايا العقدية التى توجد فى الشبكية، ونود

أن نبين هنا أيضاً أن الغالبية العظمى من خلايا التنوئين العلويين من النوع كبير الحجم، ولذلك فإنها تستقبل معلوماتها من المسار البصرى الكبير السابق الإشارة إليه.

بعد ذلك تخرج من هذين التنوئين خلايا عصبية أخرى تحمل منهما المعلومات البصرية بعد أن تكون قد تمت معالجة جزء منها فى التنوئين حيث ينتهى مسار معظم هذه الخلايا العصبية بالنواة الوسادية، بينما ينتهى مسار الجزء المتبقى منها بالنوايات الأخرى المحيطة بها، وفى هذا الموقع الأخير (النواة الوسادية والنوايات المحيطة بها) تتم معالجة أخرى لجزء من هذه المعلومات البصرية، ثم تخرج من هذه النوايات (الوسادية والمحيطة بها) خلايا عصبية أخرى ينتهى مسارها بالمنطقة البصرية الثانوية بالقشرة المخية (Van Essen, *et al*, 1992).

وختاماً لهذا العرض الذى قدمناه لهذين المسارين البصريين يحضرنا سؤال يطرح نفسه هو: هل هذان المساران يخدمان وظائف إدراكية بصرية مختلفة؟

والإجابة عن هذا السؤال تتطلب منا الإشارة لما أسفرت عنه نتائج بعض الدراسات العلمية التى أجريت حول هذا الموضوع حيث أكدت فى نتائجها على أن الجهاز الركبى الجانبى يختص بإدراك الأشكال والألوان، بينما يختص الجهاز التنوئى الوسادى بالتحديد الدقيق لمواقع الأشياء فى المجال البصرى، وكذلك توجيه حركات العينين، والإدراك العام للشكل (Ogasawara, *et al*, 1984; Van Essen, 1985).

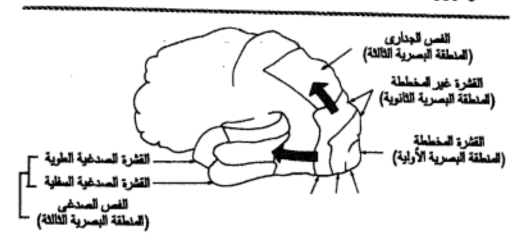
جـ - مراكز الإحساس البصرى بالمخ

إن المراكز البصرية بالقشرة المخية هى آخر المواقع التى تتم فيها معالجة المعلومات البصرية حيث يحدث بعد ذلك إدراك المنبهات البصرية وفقاً

للمعلومات المختلفة التى استقبلها الجهاز البصرى عن هذه المنبهات، وتقع المراكز البصرية فى الجزء الخلفى من القشرة المخية (فى الفص القفوى)، ويبلغ سمكها نحو(٢) ملليمتر تقريباً مثل سمك باقى أجزاء القشرة المخية، كما أنها تحتوى على أكثر من (١٠٠) مليون خلية عصبية **(Shapley, 1990)**.

وتتكون المراكز البصرية من منطقتين رئيسيتين تساعدها عدة مناطق أخرى على تحليل المعلومات البصرية، فالمنطقتان الرئيسيتان هما المنطقة رقم (١٧) والتى يطلق عليها المنطقة البصرية الأولية، وهى تستقبل معلوماتها من النواة الركبية الجانبية، أما المنطقة الثانية فإنها تتكون من منطقتين فرعيتين هما المنطقتان رقم (١٨ و ١٩) حيث يطلق عليهما معاً المنطقة البصرية الثانوية، وهذه المنطقة تتلقى معلوماتها من التتوئين العلويين والنواة الوسادية أى من الجهاز التتوئى الوسادى **(Wandell,1995)**.

وأما بالنسبة للمناطق الأخرى التى تساعد المراكز البصرية فى تحليل وإدراك الأشياء فقد أشار «كوى» **(Cowey,1994)** بأن هناك ما يقرب من (٣٠) منطقة أخرى بالقشرة المخية تساعد المنطقتين البصريتين الأولية والثانوية على مهام عملية الإدراك البصرى، وأوضح أن هذه المناطق تنحصر فى منطقتين رئيسيتين هما: المنطقة الصدغية السفلية التى تقع فى الجزء السفلى من الفص الصدغى، وهذه المنطقة مهمة جداً فى إدراك تفاصيل المنبهات البصرية المعقدة، والمنطقة الثانية هى الفص الجدارى، وهو يلعب دوراً بالغ الأهمية فى إدراك الموقع المكانى للمنبهات البصرية . والشكل رقم (٨) يبين هذه المناطق التى تشترك مع المنطقتين البصريتين الأولية والثانوية فى إدراكنا للمنبهات البصرية.



الشكل (٨) يظهر المناطق الأخرى التى تساعد المنطقة الأولية والثانوية فى معالجة المعلومات البصرية

ثالثاً: العوامل التى يجب توافرها لعملية الرؤية

إن رؤية المنبهات البصرية تتطلب توافرعدة عوامل أساسية سنشير إلى أهمها فيما يلى:

١ - الجهاز البصرى: يعد الجهاز البصرى السليم من أهم العوامل الأساسية لرؤية المنبهات البصرية لأنه يقوم باستقبال الطاقة الضوئية المنبعثة من مصدر التنبيه، أو المنعكسة من سطح الأشياء والتى تحمل معها المعلومات البصرية المختلفة من الأشياء التى تقع فى المشهد البصرى، ثم يقوم بمعالجتها إدراكيا كما أشرنا لذلك فى موضع سابق، أما إذا كان هناك خلل فى أحد مكوناته فسوف يترتب عليه استقبال خاطئ أوغير كامل لهذه المعلومات البصرية ، ومن ثم يحدث اضطراب فى إدراكها.

٢ - الضـــوء: يلعب الضوء دوراً هاماً فى رؤية المنبهات لأننا نرى الأشياء من خلال الأشعة الضوئية التى تصدر عنها، أو التى تنبعث من سطحها حيث تقع هذه الأشعة الضوئية على المستقبلات الضوئية المخروطية فى شبكية العين والتى لا تعمل إلا فى وجود الضوء، والجدير بالذكر أن معدل نشاط هذه الخلايا المخروطية

وإطلاقها للنبضات العصبية يتوقف على شدة الضوء في المشهد البصرى، حيث يزداد نشاط هذه الخلايا كلما زادت شدة الإضاءة، بينما يقل نشاطها كلما انخفضت شدة الإضاءة حيث تضعف الرؤية بل تنعدم فى ظروف الإضاءة الرديئة لأن الخلايا المخروطية تتوقف عن العمل، وتنشط الخلايا العصوية التى تعمل فى ظروف الإضاءة الرديئة ولكنها تعجز عن استقبال المعلومات الأساسية الخاصة بصفات وملامح الأشياء مثل الشكل واللون والعمق.

وعلى أية حال فإن نسبة الضوء المنعكسة من سطح الأشياء تظل ثابتة رغم التغير الذى قد يحدث فى ظروف الإضاءة وهذا ما يطلق عليه ثبات الضوء (Whittle, 1994)، ونود أن نبين أن هناك عاملين يتحكمان فى ثبات الضوء المنعكس من سطح الأشياء. فالعامل الأول هو: شدة الضوء المنبعث من مصدر الإضاءة مثل ضوء الشمس، أو أضواء المصابيح الكهربائية المختلفة فى شدتها، فكلما كان الضوء المنبعث من مصدر الإضاءة شديدا كلما زادت كمية الضوء المنعكسة من سطح الأشياء، وهى تعنى درجة نصوع المنبه حيث ينقسم نصوع الأشياء إلى ثلاثة ألوان رئيسية هى اللون الأبيض، والرمادى، والأسود، وهناك درجات مختلفة من اللون الرمادى تقع ما بين اللون الأبيض واللون الأسود، وعلى أية حال كلما اقتربت درجة نصوع الشيء من اللون الأبيض كلما زادت كمية الضوء المنعكسة من سطح هذا الشئ (Jacobsen & Gilchrist, 1988).

فإذا كنت مثلا تقرأ كتاباً على ضوء الشمس وكانت شدة ضوء الشمس تساوى على سبيل المثال (١٠٠٠) وحدة من وحدات قياس الضوء، وكانت حروف طباعة الكلمات المكتوبة تعكس نسبة (١٠٪) من نسبة الأشعة الضوئية

التى تسقط عليها، فإن ذلك يعنى أن حروف الطباعة ستعكس (١٠٠) وحدة من وحدات ضوء الشمس، أما الفراغات البيضاء المتبقية فى الورقة التى تقرأها فسوف تعكس (٩٠٠) وحدة ضوئية، أما إذا كنت تقرأ هذا الكتاب على ضوء مصباح كهربائى قوته (١٠٠) وحدة ضوئية، فإن حروف الطباعة ستعكس (١٠) وحدات أما الفراغات البيضاء فى الورقة فسوف تعكس (٩٠) وحدة، وأما إذا كنت تقرأ هذا الكتاب فى مكان إضاءته رديئة وكانت تعادل (١٠) وحدات ضوئية، فإن حروف الطباعة ستعكس وحدة ضوئية واحدة، أما الفراغات البيضاء فسوف تعكس (٩) وحدات.

لقد بين لنا المثال السابق أن نسبة الضوء المنعكس من حروف الطباعة والفراغات البيضاء قد ظلت ثابتة رغم تغير ظروف الإضاءة وهذا ما نعنيه بثبات الضوء، ولقد قدم العلماء عدة تفسيرات نظرية لثبات الضوء يعد تفسير نظرية النسبة أكثرها شهرة والتى يرى أنصارها أن نسبة الضوء المنعكس من سطح الأشياء يرتبط من جهة بشدة الضوء فى المشهد البصرى، ومن جهة أخرى بنسبة الصفات العاكسة التى توجد فى سطح الأشياء (Bergstrom, 1994; Gilchrist, 1994).

٣ - **الحواف:** إننا لا نستطيع أن نرى الأشياء المختلفة بدون الحواف، فعلى الرغم من أن الأشعة الضوئية المنعكسة من سطح هذه الأشياء تسقط على المستقبلات الضوئية فى شبكية العين، إلا أن العين لا تستطيع رؤيتها ما لم يكن لها حواف (Gur, 1991)، فإذا نظرت مثلا إلى مشهد بصرى ملون بلون أحمر متجانس، وكان هذا المشهد بدون حواف تميزه، فإنك فى بداية الأمر سترى هذا اللون الأحمر المتجانس، ولكن بعد مرورعشر دقائق تقريباً من

تركيز بصرك على هذا المشهد البصرى ستجد أن هذا اللون الأحمر المتجانس قد أصبح رماديا متجانسا مثل اللون الذى يراه الفرد وعيناه مغمضتان فى حجرة حالكة الظلام، وهذا يعنى أن العين بعد مرور عشر دقائق تقريبا من الرؤية المتواصلة تعجز عن رؤية أى شىء متجانس ليس له حواف تميزه، أما إذا ظهر لهذا الشيء ولو حافة واحدة تميزه فإن العين ستتمكن من رؤيته لأن جهازنا البصرى يُحسّن بطريقة تلقائية من طبيعة المعلومات التى يستقبلها حيث يأخذ الحدود الفاصلة ويزيد من صفاتها لذلك يصبح الجانب المظلم أكثر ظلمة، والجانب المضئ أكثر ضياء (Coren, *et al* , 1994).

٤ - **تكميل الفراغ:** إن جهازنا البصرى يقوم تلقائيا بملء الفراغات غير المكتملة فى الأشياء، وهذه العملية تقوم بها مراكز معالجة المعلومات البصرية فى القشرة المخية، أما عن رأى العلماء فى قدرة جهازنا البصرى على ملء فراغات الأشياء غير المكتملة فيرى فريق منهم أن ذلك يرجع لأن الجهاز البصرى لدى الإنسان متطور ولديه قدرة فائقة على تعويض المعلومات الناقصة فى المشهد البصرى، أما الفريق الآخر فإنهم يرون أن هذه العملية ترجع لخبرة الفرد السابقة عن الشيء غير المكتمل وأن المعلومات المخزنة عن هذا الشيء فى الذاكرة البصرية تساعد الجهاز البصرى على القيام بملئ هذه الفراغات .(Brown & Thurmond, 1993)

٥ - **الخبرة:** يرى العلماء أن الخبرة تلعب دوراً هاما فى إدراكنا للمنبهات البصرية، ويتأكد هذا الرأى من خلال نتائج دراستى حالة متشابهتين أجريت الأولى فى عام (١٩٧٤)، بينما أجريت الثانية فى عام (١٩٩٥)، ولقد أجريت هاتان الدراستان على فردين فقد كل منهما بصره فى مرحلة الطفولة المبكرة ثم

استعاده بعد مرور خمسين عاما بعد إجراء عملية جراحية، ولقد بينت نتائج هاتين الدراستين أن هذين الفردين رغم أنهما استعادا بصرهما بعد العلاج مباشرة إلا أنهما لم يتمكنا من التعرف على أبسط المنبهات البصرية مثل الكرات والمكعبات لأنهما لم تكن لديهما خبرة بصرية سابقة عن هذه الأشياء، ولكنهما تمكنا من التعرف عليها بعد رؤيتهما لها عدة مرات، ولقد خلص الباحثون من هاتين الدراستين بأن الخبرة البصرية السابقة تلعب دوراً هاماً في إدراكنا للمنبهات البصرية المختلفة (Sacks, 1995).

٦ - **التغيير** : إن عين الإنسان تعجز عن رؤية الأشياء الثابتة حتى لو كانت جميع الشروط اللازمة للرؤية الواضحة متوفرة، وعلى أية حال إن عيوننا تقوم بعملية التغير تلقائيا من خلال نوعين من الحركات. فحركات النوع الأول تقوم بها العضلات الهدبية التى تتحكم فى توسيع وتضييق حدقة العين والتى ينجم عنها تغير كمية وموقع الأشعة الضوئية التى تسقط على المستقبلات الضوئية فى شبكية العين، أما النوع الثانى من هذه الحركات فهى حركات العين اللا إرادية، وهذه الحركات طفيفة وتلقائية تقوم بها العضلات التى تتحكم فى حركة العين حيث تتجه هذه الحركات بطريقة عشوائية يميناً ويساراً، ولأعلى أو لأسفل، وينجم عن هذه الحركات التلقائية أن حواف المنبه البصرى تتحرك باستمرار على المستقبلات الضوئية، وتقوم هذه العضلات بتلك الحركات باستمرار حتى لو كان الفرد يثبت بصره على نقطة ثابتة، ولما كانت هذه الحركات طفيفة لذلك فإننا لا نشعر بها (Ditchburn, 1981).

ولقد أجريت دراسة علمية للتحقق من أهمية التغير لعملية الرؤية حيث قام الباحثون فى هذه الدراسة بتخدير العضلات التى تتحكم فى حركات العين لدى

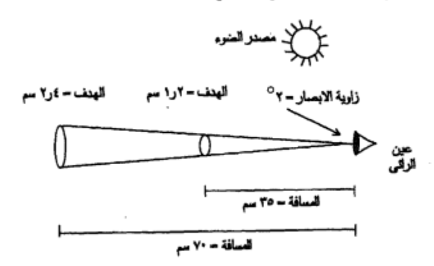
المفحوصين حتى لا تقوم بحركاتها الاهتزازية غير الإرادية، ولقد بينت النتائج أن المفحوصين عندما كانوا يثبتون بصرهم على منبه ثابت لا يتحرك، فإن حوافه كانت تتلاشى تدريجيا من الرؤية حتى يختفي المنبه تماما عن الرؤية، ولقد خلص الباحثون من هذه الدراسة بأن الجهاز البصرى لا يحتاج فقط لوجود حواف للأشياء حتى يتمكن من رؤيتها، ولكنه يحتاج أيضا إلى تغيير مواقع هذه الحواف على المستقبلات الضوئية فى شبكية العين (Stevens, *et al* , 1976).

٧ - **حدة الإبصـــار:** إن حدة الإبصار تعنى قدرة العين على الرؤية الواضحة للتفاصيل الدقيقة فى المنبهات التى تقع فى المشهد البصرى، أى أنها تعنى قدرة الجهاز البصرى على تحليل التفاصيل الدقيقة والمتباينة فى المشهد البصرى التى يمكن رؤيتها عند مسافة معينة. فالفرد ذو حدة الإبصار الطبيعية يستطيع أن يرى نقطتين سوداوين قريبتين من بعضهما تقعان على خلفية بيضاء على أنها شيئان منفصلان وليسا شيئا واحدا. أى أن حدة الإبصار وفقا للمثال السابق تعنى الحكم الصحيح عما إذا كانت هناك منطقة بيضاء تفصل بين النقطتين السوداوتين أم لا، وحدة الإبصار يتم قياسها بعدة طرق، ولكنها جميعا تتطلب التحديد الدقيق لمقدار الحيز الذى يشغله المنبه فى المشهد البصرى والذى يسمى زاوية الإبصار (Olzak & Thomas, 1986)، ولذلك سوف نشير باختصار إلى زاوية الإبصار فيما يلى:

زاوية الإبصار: إن زاوية الإبصار تعنى قيمة الزاوية المتكونة عند بؤرة عدسة العين الناتجة من تلاقى الخطوط المستقيمة (الفرضية) الممتدة بين الحواف الخارجية للأشياء وبؤرة عدسة العين، ويتوقف مقدار زاوية الإبصار على حجم الشيء المرئى وبعده عن العين، فإذا كان هناك منبهان يقعان عند نقطة واحدة فى المشهد البصرى وكان أحدهما أكبر من الآخر، فإن قيمة زاوية الإبصار المتكونة للمنبه

كبير الحجم ستكون أكبر من قيمة تلك الزاوية المتكونة للمنبه صغير الحجم، أما إذا تغير موقع أحد هذين المنبهين فإن زاوية الابصار المتكونة لهذا المنبه ستتغير هى الأخرى وفقا لموقعه الجديد من العين حيث ستزداد قيمتها كلما اقترب موقع المنبه من العين، بينما ستقل قيمتها كلما بعد موقع هذا المنبه عن العين.

أما إذا كان حجم المنبه الكبير يعادل ضعف حجم المنبه الصغير وكان هذان المنبهان يبعدان عن العين بمسافة واحدة فإن زاوية الإبصار المتكونة للمنبه كبير الحجم ستعادل ضعف تلك الزاوية المتكونة للمنبه صغير الحجم، أما إذا جعلنا المنبه كبير الحجم يبعد عن العين بمسافة تعادل ضعف المسافة التى يبعدها المنبه صغيرالحجم عن العين كما هو موضح فى الشكل رقم (٩) فإن زاويتى الإبصار المتكونة لكلا المنبهين سوف تتساوى.



شكل (٩) يبين زاويه الابصار المتكونة لمنبهين أحدهما قريب والآخر بعيد يبلغ حجمه وبعده عن العين ضعف حجم وبعد المنبه القريب

قياس حدة الإبصار: هناك عدة طرق لقياس حدة الإبصار، ولكن الطريقة الأكثر شيوعا هى لوحة سنيلين Snellen Chart التى تم ابتكارها عام (١٨٦٢م)، وهى تتكون من عدة صفوف مختلفة الأحجام لحروف الهجاء كما

يوضحها الشكل رقم (١٠) حيث يطلب من المفحوص الذى يتم قياس حدة إبصاره أن يتعرف على أسماء حروف الهجاء فى كل صف، والفرد ذو حدة الإبصار الطبيعية هو الذى يستطيع التعرف على الحروف التى تقع فى الصف الأخير حيث إنها أصغر حروف هذه اللوحة من حيث الحجم.

E 200

N Z 160

Y L V 120

U F V P 80

N R T S F 60

O C L G T R 50

U P N E S R H 40

T O R E G H B P 30

F N E Q H B S C R 25

T V H P R U C F N Q 20

P T N U E N V C B O S 15

شكل (١٠) يبين لوحة سنيلين لقياس حدة الابصار.

وقد أعدت هذه اللوحة بحيث يتم قياس حدة إبصار الفرد المفحوص من خلال رؤيته وتعرفه على الحروف ذات الأحجام المختلفة فى صفوف حروف هذه اللوحة مقارنة برؤية وتعرف الفرد ذو الرؤية الطبيعية على هذه الحروف ، فإذا استطاع المفحوص أن يتعرف من مسافة (٢٠) قدم على الحروف التى يستطيع الفرد ذو الرؤية الطبيعية أن يتعرف عليها من نفس المسافة، فإن حدة إبصار المفحوص ستساوى (٢٠/٢٠)، أما إذا كان المفحوص يتعرف من مسافة (٢٠) قدم على الحروف التى يتعرف عليها الفرد ذو الرؤية الطبيعية من مسافة (٤٠) قدم فإن حدة إبصار المفحوص فى هذه الحالة ستساوى (٤٠/٢٠).

وعلى أية حال إن حدة الإبصار تختلف بين معظم الناس حيث نجد أن بعضهم لديه حدة إبصار عالية جداً قد تصل إلى (١٠/٢٠) بمعنى أن المفحوص يمكنه أن يرى بوضوح من مسافة (٢٠) قدم الأشياء التى يراها الفرد ذو الرؤية الطبيعية من مسافة عشرة أقدام، وعلى النقيض من ذلك نجد أن بعض الأفراد لديهم حدة إبصار ضعيفة جداً قد تصل إلى (٢٠٠/٢٠) بمعنى أن هؤلاء الأفراد يرون من مسافة (٢٠) قدم الأشياء التى يراها الأفراد ذو الرؤية الطبيعية من مسافة (٢٠٠) قدم (Schiff, 1980).

العوامل التى تؤثر على حدة الإبصار

هناك عدة عوامل تؤثر على حدة الإبصار، ولكن أكثرها أهمية عاملان رئيسيان: الأول منها يتعلق بخصائص العين، والثانى يتعلق بشدة الإضاءة فى المشهد البصرى، وسوف نقدم عرضا مختصراً لهذين العاملين فيما يلى:

أ - **خصائص العين:** تحدث الرؤية الواضحة للأشياء عندما تتركز الأشعة الضوئية المنعكسة من سطح هذه الأشياء على المستقبلات الضوئية (الخلايا المخروطية) التى تتركز فى بؤرة الشبكية لأن هذه المستقبلات

الضوئية أساسية فى عملية الرؤية حيث إنها تقوم بجمع التنبيهات البصرية المختلفة من الأشياء المرئية ثم تقوم بتشفيرها وتحويلها إلى نبضات عصبية يتم إرسالها من خلال العصب البصرى إلى المراكز البصرية بالقشرة المخية لمعالجتها (Fatt & Weissman, 1992).

ولقد بينا عند عرضنا للجهاز البصرى أن شكل عدسة العين يتغير فى عملية التكيف وفقا لبعد موقع الشىء المرئى عن العين. فعندما تنظر العين إلى شىء قريب فإن العضلات الهدبية التى تتحكم فى شكل عدسة العين ترتخى وتنبسط العدسة تبعا لذلك مما يجعل الأشعة الضوئية التى تستقبلها العدسة تتركز على نقرة الشبكية، أما إذا نظرت العين لشىء قريب فإن العضلات الهدبية تنقبض مما يجعل العدسة تنبعج لكى تركز الأشعة الضوئية التى تستقبلها على نقرة الشبكية حيث تتمركز الخلايا المخروطية التى تنشط للضوء، أما إذا كانت هناك عيوب خلقية فى سمك العدسة أو طول العين، فإن الأشعة الضوئية التى جمعتها العدسة عن الشىء المرئى سوف تتركز قبل أو بعد الشبكية كما أشرنا إلى ذلك عند معالجتنا للجهاز البصرى، وفى هذه الحالة ستكون الرؤية غير واضحة لأن الأشعة الضوئية المتجمعة ستتركز بعيداً عن المستقبلات الضوئية.

ب - شدة الإضاءة: تؤثر شدة إضاءة المشهد البصرى تأثيراً بالغا على حدة الإبصار (Mac Leod, *et al* , 1990)، وسوف نبرهن على صحة هذا الرأى من خلال عرضنا للمثال التالى:

افترض أنك تمسك كتاباً فى يديك وأردت أن تقرأ إحدى صفحاته على ضوء النجوم فى ليل دامس الظلام، فإنك فى هذه الحالة سترى صفحات الكتاب، ولكنك لن ترى الكتابة التى تحتويها، أما إذا كررت هذه المحاولة مرة

أخرى على ضوء القمر المكتمل فى ليلة النصف من الشهر العربى، فإنك سترى شكل حروف الكتابة ولكنك لن تستطيع تمييزها وقراءتها، ولكن إذا كررت هذه المحاولة مرة أخرى على ضوء المصباح الكهربائى الذى يوجد فى غرفة مكتبك فسوف ترى حروف الكتابة بوضوح، وتقرأ النص بسهولة وهذا يعنى أن رؤيتنا للأشياء تتحسن كلما زادت شدة الإضاءة فى المشهد البصرى.

٨ - حركات العينين: إن الحركات التى تقوم بها العين تجعلها تحتفظ بالصورة التى تكونها للشىء المتحرك على المستقبلات الضوئية فى نقرة الشبكية حتى تتمكن من رؤية هذا الشىء بوضوح، ونظرا لأن معظم الأشياء التى نراها متحركة، لذلك تعمل حركات العين على تعقب الأشياء المتحركة فى المشهد البصرى. وتنقسم حركات العين إلى نوعين رئيسيين هما حركات التحول، وحركات الانحراف وهما كما يلى:

أ - حركات التحول: يقصد بحركات التحول تلك الحركات التى تجعل العينين تتحركان فى نفس اتجاه حركة المنبه، وتنقسم حركات التحول إلى نوعين هما الحركات القفزية، وحركات التتبع وهما كما يلى:

١ - الحركات القفزية: إن الحركات القفزية تعنى الحركات السريعة التى تجعل العين تنتقل من نقطة تثبيت البصر على أحد أجزاء المشهد البصرى إلى نقطة أخرى. فإذا نظرت حولك فسوف ترى مجالاً بصرياً واسعاً، ولكنك إذا أردت أن تجمع أكبر قدر من معلومات المشهد البصرى فسوف تحرك عينيك فى سلسلة من الحركات المتنقلة السريعة التى تسمى بالحركات القفزية، وهذه الحركات ضرورية للرؤية الواضحة لأنها تجعل صورة الشىء المرئى التى تتكون داخل العين تقع على المستقبلات الضوئية فى نقرة الشبكية، وأثناء عملية التنقل

السريع للعين من موقع إلى آخر فى المشهد البصرى فإن الفرد لا يرى إلا صورا مشوشة للأشياء، ولكن بعد مسح مكونات المشهد البصرى من خلال حركات العين القفزية يستطيع الجهاز البصرى أن يكون رؤية مركبة للمشهد البصرى ككل (Irwin, 1993).

خصائص حركات العين القفزية: يرى العلماء أن حركات العين القفزية لها عدة خصائص تميزها عن الحركات الأخرى للعين، وهذه الخصائص كما يلى:

١ - إن الحركات القفزية هى أكثر حركات العين تكراراً حيث تقوم العين بأكثر من (١٠٠٫٠٠٠) حركة قفزية يومياً.
٢ - إن حركات العين القفزية حركات ارتعاشية مثل حركات العين اللاإرادية.
٣ - إن حركات العين القفزية سريعة وهى تختلف فى ذلك عن حركات التتبع والانحراف البطيئة فى سرعتها.
٤ - إن عضلات العين المسئولة عن الحركات القفزية لا تُجهد من كثرة هذه القفزات، وهذا ما أكدته نتائج إحدى الدراسات العلمية حيث كان يطلب من المفحوصين فى هذه الدراسة أن يقوموا بحركة قفزية للعين كل ثانية واحدة، وقد استمروا على ذلك لمدة (٣١) دقيقة متواصلة، وقد بينت النتائج أن معدل حركات العين القفزية لم يقل فى نهاية التجربة إلا بنسبة (١٠٪) فقط، وأن معدل هذه الحركات قد عاد مرة أخرى إلى سرعته فى بداية التجربة من خلال التشجيع الذى تلقاه المفحوصون من الباحثان (Fuchs & Binder, 1983).

٢ - حركات التتبع: إن حركات التتبع هى تلك الحركات التى تقوم بها العين لتعقب شىء متحرك مثل تعقب الطفل الذى يركب دراجته، أو تعقب الطائر الذى يحلق فى السماء، وحركات التتبع لها عدة خصائص تميزها أهمها ما يلى:

١ - أنها بطيئة نسبيا مقارنة بحركات العين القفزية.

٢ - أنها ليست حركات ارتعاشية.

٣ - أن سرعتها تتمشى مع سرعة حركة التتبع بحيث تظل الصورة التى تكونها العين للشيء المرئى تقع على المستقبلات الضوئية فى الشبكية.

ب - **حركات الانحراف :** إن حركات الانحراف تعنى تغيير حجم زاوية الابصار لمكونات المشهد البصرى وفقاً لحجم الجزء الذى تركز عليه العين حيث تختلف زاوية الإبصار التى تتكون لهيئة منبه ما عن تلك التى تتكون لأحد ملامحه، ولذلك تختلف حركات الإنحراف عن الحركات القفزية فى الوقت الذى تستغرقه حيث نجد أن الحركات القفزية أسرع من حركات الانحراف لأن حركات الانحراف تركز دائماً على التفاصيل الدقيقة فى الأشياء لإدراكها (Hallett, 1986).

المراجــــع

1- **Arend, L. (1994).** Surface colors, illumination, and surface geometry: Intrinsic-image models of human color perception. In A. Gilchrist (Ed.), Lightness, brightness and transparency (PP. 159-213). Hillsdal, NJ: Erlbaum.

2- **Beatty, J. (1995).** principles of behavioral neuroscience. Dubuque, In. A: Brown & Benchmark .

3- **Bergstrom, S.S. (1994)**. Color constancy : Arguments for a vector model for the perception of illumination, color and depth. in A. Gilchrist (Ed.), Lightness, brightness, and transparency (PP. 257-286) . Hillsdal, NJ: Erlbaum.

4- **Berman, E.R. (1991)**. Biochemistry of the eye. NewYork: Plenum Press.

5- **Biswell, R. (1992).** Cornea. In D. Vaughn, T. Asbury & P.Riordan-Eva (Eds.), General ophthalmology (PP.125 -149). Norwalk, CT: Appleton & Longe.

6- **Brown, R.J., & Thurmond, J.B. (1993).** Preattentive and cognitive effects on perceptual completion at the blind spot. perception & psychophysics, 53, 200-209.

7- **Chang, D.F. (1992).** Ophthalmologic examination. In D. Vaughn, T. Asbury, & P. Riordan - Eva (Eds.), General ophthalmology (PP. 30-62). Norwalk, CT: Appleton & Lange.

8- Coren, S., Ward, L.M., & Enns , J.T. (1994) . Sensation and perception (4th ed.). Fort Worth, TX : Academic Press .

9- Cowey, A. (1994). Cortical visual areas and the neurobiology of higher visual processes. In M.J. Farah & G. Rotcliff (Eds.), The neuropsychology of high-level vision: Collected tutorial essays (PP.3-31). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

10- Curcio, C.A., Sloan, K.R., Packer, O., Hendrickson, A.E, & Kalina, R.E. (1987). Distribution of cones in human and monkey retina: Individual Variability and radial asymmetry : Science, 236, 579-582.

11- De Valois, R.l., & De Valois, K.K. (1993). A multistage color model. Vision Research, 33,1053- 1065.

12- De Yoe, E.A., & Van Essen, D.C. (1988). Concurrent processing streams in monkey visual cortex .Trends in Neuroscience, 11, 219-226

13- Ditchburn, R.W. (1981). Small involumtary eye movements: solved and unsolved problems. In D. Fisher, R.A. Monty, & J.W. Senders (Eds.), Eye movements: Cognition and visual perception (PP.227-235). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

14- Fatt, J., & Weissman, B.A. (1992). Physiology of the eye: An introduction to the vegetative functions (2 nd ed.). Boston: Butterworth - Heinemann.

15- **Fuchs, A., & Binder, M.D. (1983).** Fatigue resistance of human extraocular muscles. Journal of Neurophysiology, 49, 28-34.

16- **Gilchrist, A. (1994).** Introduction: Absolute versus relative theories of lightness perception. In A. Gilchrist (Ed.), Lightness, brightness, and transparency (PP.1-34). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

17- **Gur, M. (1991).** Perceptual fade - out occurs in the binocularly viewed Ganzfeld Perception, 20, 645-654.

18- **Hallett, P.E. (1986).** Eye movements. In K.R. Boff, L. kaufman & J.P. thomas (Eds.), Handbook of perception and human performance (PP. 10.1- 10.112) . New york : Wiley.

19- **Irwin, D.E. (1993).** Perceiving on integrated visual world. In D.E. Meyer & S. kornblum (Eds.), Attention and performance XIV: Synergies in experimental psychology, artificial intelligence, and cognitive neuroscience (PP.121-142). Cambridge, MA: MIT Press.

20- **Jacobsen, A., & Gilchrist, A. (1988).** The ratio principle holds over a million - to- one range of illumination. Perception & Psychophysics, 43, 1-6.

21- **Kaplan, E., Mukherjee, P., & Shapley, R. (1993).** Information filtering in the lateral geniculate nucleus. In R. Shapley & D.M.- K.Lam (Eds.), Contrast sensitivity: Proceedings of the Retina Research Foundation Symposia (PP.183-200). Combridge, MA: MIT Press

22- **Koretz, J.F., & Handelman, G.H. (1988)**. How the human eye focuses. Scientific American, 259 (1), 92-99.

23- **Macleod, D.I.A., Chen, B., & Stockman, A. (1990)**. Why do we see better in bright light? In C. Blakemore (Ed.), vision: Coding and efficiency (PP. 169 - 174). Cambridge: Cambridge University Press.

24- **Martin, D.K., & Holden, B.A. (1982).** A new method for measuring the diameter of the in vivo human cornea. American Journal of Optometry and physiological Optics, 59 ,436-441.

25- **Ogasawara, K., Mc Haftie, J.G., and stein, B.E. (1984)**. Two visual corticotectal systems in the cat. Journal of Neurophysiology, 52, 1226- 1245.

26- **Olzak, L.A., & Thomas, J.P. (1986)**. Seeing spatial patterns. In K.R. Boff, L. kaufman & J.P. thomas (Eds.), Handbook of perception and human performance (PP.7.1-7.56). NewYork: Wiley.

27- **Renouf, D. (1989).** Sensory function in the harbor seal. Scientific American, 260 (4), 90-95.

28- **Sacks, O. (1995).** An anthropologist on Mars: Seven paradoxical tales. New york: Alfred A. Knopf.

29- **Schiff, W. (1980).** Perception : An applied approach. Boston: Houghton Mifflin .

30- Shapley, R. (1992). Parallel retinocortical channels : X and Y and P and M. in J.R. Brannan (Ed.), Applications of parallel processing in vision (PP.3-36). Amsterdam: North - Holland.

31- Shapley, R. (1990). Visual sensitivity and parallel retinocortical channels. Annual Review of psychology, 41, 635 - 658.

32- Shapley, R., Kaplan, E., & Purpura., K. (1993). contrast sensitivity and Light adaptation in photoreceptors or in the retinal network. In R. Shapley & D.M.- K. lam (Eds.), Contrast sensitivity : Proceedings of the Retina Retina Research Foundation Symposia (PP.103- 116). Cambridge, MA: MIT Press.

33- Sherman, S.M. (1985). Parallel W-, X- and Y- cell pathways in the cat : A model for visual function . In. D. Rose & V.G. Dobson (Eds.), Model of the visual cortex (PP.71-84). Chichester : Wiley.

34- Shiller, P.H., Sandell, J.H., & Maunsell, J.H.R. (1986). Function of the ON and OFF channels of the visual system. Nature, 322, 824-825.

35- Sparks. D.L., & Mays, L.E. (1990). Signal transformations required for the generation of saccadic eye movements. Annul Review of Neuroscience, 13,309-336.

36- **Stevens, J.K., Emerson, R.C., Gerstein, G.L., Kallos, T., Neufeld, G.R., Nichols, C.W., & Rosenquist, A.C. (1976).** Paralysis of the awake human: Vision Perception, S.S. (1955). The measurement of loudness. Journal of the Acoustical Society of America, 27, 815-829.

37- **Stryer, L. (1987).** The molecules of visual excitation scientific American, 257(1), 42-50.

38- **Van Essen, D.C. (1985).** Functional organization of primate visual cortex. In. A. Peters & E.G. Jones (Eds.), Cerebral Cortex: Vol. 3 (PP. 259 -329). New york : Plenum Press.

39- **Van Essen, D.C., Anderson, C.H., & Felleman, D.J. (1992).** Information procession in the primate visual.system: An integrated systems perspective science 255, 419-422.

40- **Vaughn, D., & Riordan-Eva, P. (1992).** Glaucoma. In D.Vaughn, T.A sbury & P.Riordan- Eva (Eds.), General ophthalmology (PP.213-230). Norwalk, CT: Appleton & Lange.

41- **Wandell, B.A. (1995).** Foundations of vision. Sunderland, MA: Sinauer.

42- **Whittle, P. (1994).** The psychophysics of contrast brightness. In A. Gilchrist (Ed.), Lightness, brightness and transparency (PP.35 -110). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

الفصل الثانى
إدراك الأشـــــكال

المحتويـــات

- أولاً: عملية البحث البصرى.
- ثانياً: عملية التعرف البصرى.
- النظريات المفسرة لإدراك الأشكال.
- قوانين التنظيم الإدراكـــي.
- طرق المعالجة الإدراكية للشكل.
- ثبـــات الشـــكل.

إدراك الأشــــكال

عندما تنظر حولك فى البيئة المحيطة بك ستجد أنها مليئة بمنبهات ذات أشكال مختلفة حيث يتحدد شكلها بالحواف الخارجية التى تحيط بها، وقد ذكرنا فى الفصل السابق أن الحواف تعتبر واحدة من أهم العوامل الأساسية للرؤية وأن العين لا تستطيع رؤية أى شىء ليس له حواف إلا لدقائق معدودة، وتبين الدراسات العلمية أن إدراك الأشكال يتم من خلال مرحلتين أساسيتين هما: البحث البصرى، والتعرف على الشكل، ونقدم عرضاً مفصلاً لهاتين المرحلتين فيما يلى:

أولاً: عملية البحث البصرى: إن عملية البحث البصرى تعنى محاولة التحديد الدقيق للمنبه الهدف من بين المنبهات الأخرى التى توجد معه فى المجال البصرى، فإذا كنا ننظر إلى مشهد بصرى يحتوى على عدة أشكال هندسية وطلب منا تركيز بصرنا على الشكل المثلث مثلاً، فإن عيوننا سوف تمر على المشهد البصرى ذهاباً وإياباً حتى ترى المثلث وتتركز عليه، وتلك المحاولات التى قامت بها العينان للبحث عن الشكل المثلث من بين الأشكال الهندسية التى توجد معه فى المشهد البصرى تسمى عملية البحث البصرى.

ويرى العلماء أن عملية البحث البصرى تنقسم لعدة أنواع، فالنوع الأول منها: هو البحث خارجى المنشأ، وهذا النوع من البحث يحدث لا إرادياً للشىء المفاجىء الذى يظهر فى مجالنا البصرى مثل ظهور ضوء خاطف كضوء البرق مثلاً، أما النوع الثانى: فهو البحث داخلى المنشأ، ويشير هذا النوع إلى عملية البحث الاختيارية المخططة لمثير معين ذات صفات محددة، وأما النوع الثالث: فهو البحث المتوازى، وهو الذى يحدث عندما يريد الفرد تحديد مثير معين من بين

عدة مثيرات أخرى تشترك أو تختلف معه فى صفة واحدة أو أكثر مثل صفات اللون، والطول، والاتجاه، والشكل، والحركة..إلخ، وأما عن النوع الرابع والأخير: فهو البحث المتسلسل ويحدث هذا النوع من البحث عندما يريد الفرد متابعة منبه معين فى عدة مراحل أو خطوات خلال فترة زمنية محددة (**السيد على سيداحمد، ١٩٩٨**).

ثانياً: عملية التعرف البصرى: إن عملية التعرف تعنى التحديد الدقيق لمنبه معين من خلال وجود ملامح معينة فى هذا المنبه أو صفات محددة تميزه عن المنبهات الأخرى التى توجد معه فى المشهد البصرى مثل الحواف الخارجية للشكل حيث إن حواف المثلث مثلاً تختلف عن حواف المربع، وكلاهما يختلفان عن حواف الدائرة.

ويلعب السياق دوراً هاماً فى عملية التعرف على الشكل، فإذا نظرت إلى الشكل رقم (١١) ستجد أنه يتكون من سطرين حيث يحتوى السطر الأول على بعض الحروف الهجائية الإنجليزية، بينما يحتوى السطر الثانى على بعض الأرقام باللغة الإنجليزية، وإذا محصت النظر فى حرف (B) فى السطر الأول، ورقم (13) فى السطر الثانى ستجد أن شكلهما واحد، ورغم ذلك ستفسر الشكل الذى يوجد فى السطر الأول على أنه حرف (B)، والشكل الذى يوجد فى السطر الثانى على أنه رقم (13)، ويرجع التفسير المختلف لهذا الشكل فى كلا السطرين لأنك تتعرف على الشكل من خلال السياق الذى يوجد فيه، فعندما يوجد هذا الشكل فى سياق الحروف التى توجد فى السطر الأول فإنك ستدركه على أنه حرف (B)، ولكن عندما يوجد فى سياق الأرقام التى فى السطر الثانى فإنك ستدركه على أنه رقم (13) (**Palmer, 1991**). ونظراً لأهمية السياق

في عملية التعرف على الأشكال، فإننا سنلقى الضوء على تأثير السياق على إدراك الشكل فيما يلي:

BRONZE

13 6 O 4 2 8

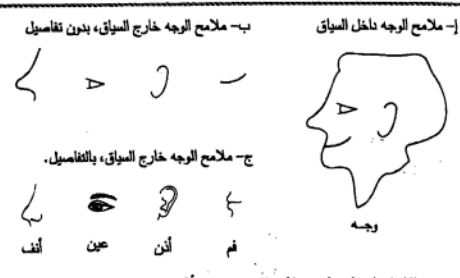
الشكل (١١) يوضح تأثير السياق فى التعرف على الشكل

تأثير السياق على إدراك الشكل: إن السياق يعنى النمط العام لمثيرات المشهد البصرى مثل الحروف والأرقام والحيوانات والطيور..إلخ، ويرى العلماء أن السياق ينقسم إلى نوعين، فالنوع الأول يمثل مجموعة المثيرات التى تحيط بالمنبه الهدف والتى تؤثر على إدراك الفرد لهذا المنبه، فنحن فى المثال السابق أدركنا شكل المنبه الهدف على أنه حرف (B)عندما كانت المنبهات الأخرى التى توجد معه فى السياق حروفاً، بينما أدركناه رقم (13) عندما كانت المنبهات التى معه فى السياق أرقاماً رغم أن شكل المنبه الهدف كان واحداً فى هذين السياقين، وهذا يعنى أن إدراكنا للأشكال يتأثر بالسياق الذى توجد فيه هذه الأشكال (Grossberg, 1995).

أما النوع الثانى من السياق فإنه يتمثل فى الخبرة السابقة للفرد عن هذا السياق بمعنى أن الخبرة السابقة عن السياق تجعل الفرد يفسر الأشكال التى

يحتويها هذا السياق بناء على خبرته السابقة بحيث تكون هذه الأشكال مرتبطة بذلك السياق. فمثلاً إذا نظرت من الخارج إلى مبنى إحدى مدرجات الكلية فإن خبرتك السابقة به سوف تثير لديك مجموعة من التوقعات الذهنية عما يحتويه هذا المدرج مثل الأستاذ الذى يلقى المحاضرة، والطلاب الذين يستمعون إلى هذه المحاضرة، ولكنك لن تتوقع أبداً أن يكون هناك مباراة كرة قدم داخل هذا المدرج (Capaldi & Proctor, 1994). ونخلص من هذا العرض أن السياق يستثير الصور الذهنية والمعلومات السابقة المرتبطة بهذا السياق بناء على خبرة الفرد السابقة عن السياق والأشياء التى يحتويها.

ولقد أجريت عدة دراسات علمية عن هذا الموضوع أكدت نتائجها أن إدراك الشكل يتأثر بالسياق سنشير إلى دراستين منها على سبيل المثال وليس الحصر. فالدراسة الأولى أجراها بالمر (Palmar, 1975) حيث قام بإعداد عدة نماذج موضحة فى الشكل رقم (١٢) حيث يحتوى الشكل (ب) على مجموعة من الخطوط ذات أشكال مختلفة، وكل خط منها يمثل شكل مبهم يصعب إدراكه، ولكن إذا قام الفرد بمقارنة هذه الأشكال بسياق الوجه المبين فى الشكل (أ) فسوف يستطيع التعرف على هذه الأشكال المبهمة بمعنى أن الفرد يمكنه أن يدرك الأشكال المختلفة من خلال السياق، أما إذا كانت ملامح هذه الأشكال واضحة مثل تلك المبينة فى الشكل (ج) فإن الفرد فى هذه الحالة يمكنه أن يتعرف عليها ويدركها من خلال خبرته السابقة بها، وأيضاً من خلال المعلومات المخزنة عن سياقها فى ذاكرته البصرية.



الشكل (١٢) يظهر نماذج للوجه تبين تأثير السياق على ادراك الشكل

أمـا الدراسـة الثانيـة فقد أجرتها **أنتروب وزملاؤها (Intraub, *et al*, 1992)** حيث أحضروا صورة كبيرة تحتوى على عدة أشكال، ثم فصلوا صورة كل شكل على حدة وعرضوها فرادى على المفحوصين ، وبعد مرور ساعة من هذا العرض طلبوا من المفحوصين أن يرسموا الأشكال التى عرضت عليهم، وقد وجد الباحثون أن المحفوصين كـانوا يرسمـون الشكل الذى عـرض عليـهم مع السياق الذى يرتبط به. فمثلاً كانوا يرسمون صورة كاملة لرجل رغم أن الصورة التى عرضت عليهم كانت صورة للوجه فقط، ولكن المفحوصين كانوا يعتقدون أنهم قد رأوا السياق كله أى صورة كاملة لرجل، وقد فسر الباحثون هذه النتائج بـأن المفحـوصين كـانـوا يكونون صـوراً ذهنيـة للسـيـاق الذى يتعلق بالشكل، وعنـدمـا كـان يُطلب منهـم رسم الشكل الذى رأوه فـإنهم كـانوا يرسـمـون السياق كله الذى يعتبر امتداداً لحدود هذا الشكل، وعندما كرر الباحثون هذه التجربة وطلبوا من المفحوصين رسم الصور التى عرضت عليهم بعد مرور فترة زمنية طويلة على عرضـها عليهـم وجـدوا أن المفحـوصين كـانـوا يرسـمـون صـور هـذه الأشـكال مـن الصـورة الذهنية التى كونوها فى مخيلتهم عن سياقها .

وتعتبر الحروف الهجائية من أكثر الأشكال التى ندركها من خلال السياق حيث يؤدى السياق الذى توجد فيه هذه الحروف (الكلمات) إلى فهم معانيها واستخلاص المعلومات منها، ولذلك حظيت حروف الهجاء كأشكال تدرك من خلال السياق بغزارة الأبحاث العلمية التى أجريت على إدراك الشكل من خلال السياق، وهذا ما دفع المنظرين لإعداد نظرية لهذا الموضوع سميت نظرية تأثير سياق الكلمة المفهومة على إدراك حروف الهجاء، وتفترض هذه النظرية أن الفرد يدرك حرف الهجاء بسهولة عندما يكون ضمن حروف كلمة مكتوبة مفهومة لها معنى، بينما يصعب عليه إدراك هذا الحرف عندما يكون ضمن كلمة غير مفهومة أى ليس لها معنى، فمثلاً يستطيع الفرد إدراك حرف (R) عندما يكون فى كلمة Tiger والتى تعنى هرة مخططة، بينما يجد صعوبة فى إدراك هذا الحرف عندما يقع ضمن حروف كلمة giert والتى تتكون من نفس حروف الكلمة السابقة، ولكنها ليس لها معنى (Taylor & Taylor, 1983).

ورغم أن هذه النظرية أعدها **كاتل** Cattell فى عام (١٨٨٦) إلا أنها لم تحظ باهتمام الباحثين فى تلك الآونة، وقد ظلت مهملة حتى جاء رايتشر Reicher فى عام (١٩٦٩) حيث أحياها مرة أخرى من خلال دراسة له أجراها فى ذلك العام، وكان **كاتل** يعرض على المفحوصين فى هذه الدراسة كلمات مكونة من أربعة حروف بحيث ينتج عنها كلمة مفهومة، أما إذا تغيرت مواقع هذه الحروف فإن الكلمة تصبح بلا معنى. فمثلاً كلمة Work ينتج عن ترتيب حروفها بالوضع السابق كلمة لها معنى هى: العمل، أما إذا تغيرت مواقع هذه الحروف وكانت بالترتيب التالى orwk فإنها تصبح بلا معنى.

وقد كان **كاتل** يعرض الكلمات التى استخدمها فى هذه الدراسة على شاشة عرض بحيث يشاهدها المفحوص لمدة (٥٠) مللى ثانية ثم تحجب بعد ذلك عن الرؤية حيث يظهر عندئذٍ على جانب من شاشة العرض حرفان من حروف الكلمة التى تم عرضها، ويطلب من المفحوص أن يحدد ترتيب هذين الحرفين من بين حروف الكلمة التى سبق له مشاهدتها. فمثلا بعد عرض كلمة Work على المفحوص واختفائها من شاشة العرض يظهر الحرفان K، O على جانبى هذه الشاشة، ثم يطلب **كاتل** بعد ذلك من المفحوص أن يحدد أياً من هذين الحرفين كان الأخير فى الكلمة التى شاهدها قبل ظهور هذين الحرفين على شاشة العرض، وقد بينت نتائج هذه الدراسة أن المفحوصين حددوا بدقة مواقع هذه الحروف فى الكلمات المفهومة بنسبة وصلت إلى (٧٧٪) من إجمالى عدد المحاولات التى أجريت على الكلمات المفهومة، بينما بلغت هذه النسبة (٢٣٪) فقط للمحاولات التى أجريت على الكلمات غير المفهومة .(Reicher,1969)

وقد أجرى **كروجر** (Krueger, 1992) دراسة مماثلة للدراسة السابقة ولكن نتائج دراسته بينت أن سياق نطق الكلمة كان يؤثر على إدراك حروفها أكثر من تأثير السياق المكتوب لهذه الكلمة بما يعنى أن السياق الصوتى كان أكثر تأثيراً على إدراك الحروف من السياق البصرى المكتوب

النظريات المفسرة لإدراك الأشكال

لقد أعد العلماء عدة نظريات تفسر كيف يتم إدراك الأشكال، وتتفق جميع هذه النظريات على أن إدراك الشكل يمر بثلاث مراحل رئيسية. ففى المرحلة الأولى تسقط الأشعة الضوئية من مصدر الإضاءة على سطح الشكل

لكى تكشف عن ملامحه وخواصه التى تميزه، أما فى المرحلة الثانية فإن العين تستقبل الأشعة الضوئية التى تنعكس من سطح الشكل والتى تحمل معها المعلومات البصرية المختلفة عن مكونات هذا الشكل وصفاته وموقعه وحجمه...إلخ، أما المرحلة الثالثة فيتم فيها تجميع المعلومات البصرية التى تتلقاها المستقبلات الضوئية فى شبكية العين وتحولها إلى نبضات عصبية يتم إرسالها إلى مراكز المعالجة البصرية بالقشرة المخية حيث يتم تشفيرها ومعالجتها إدراكياً، وفى هذه المرحلة يلعب السياق والخبرة السابقة للفرد عن الشكل دوراً هاما عند مقارنة المعلومات المدخلة عن هذا الشكل عبرالجهاز البصرى بالمعلومات المخزنة عنه فى الذاكرة البصرية، وأما عن الاختلافات الرئيسية بين هذه النظريات فإنها تتعلق بتحديد الجانب الذى يستخدم فى عملية المقارنة السابق الإشارة إليها بين المدخلات البصرية والمعلومات المخزنة عنها فى الذاكرة البصرية، ونظراً لتعدد هذه النظريات لذلك سنعرض فقط لأهمها عرضاً مختصراً نقدمه فيما يلى:

١ - **نظرية بيت العفاريت:** رغم أن هذه النظرية لها اسم غريب، إلا أنها تعد من النظريات الناجحة جداً فى تفسير كيفية إدراك الأشكال، ولقد سميت هذه النظرية بهذا الاسم لأن أنصارها يفترضون أن عملية التعرف على الشكل تمر بعدة مراحل لتحليل المعلومات المدخلة عن الشكل، وكل مرحلة من هذه المراحل لها عفريت خاص بها حيث يصرخ بعد هذه المرحلة معلناً بأن مدخلات هذه المرحلة قد تمت معالجتها.

فوفقاً لتصور أنصار هذه النظرية يقوم عفريت فى الشبكية بتجميع المعلومات المختلفة عن الشكل ويرسلها إلى عفاريت الملامح حيث يوجد عفريت لكل ملمح من ملامح هذا الشكل، وكل عفريت من هؤلاء العفاريت يصرخ

عندما يجد ملمحه فى المدخلات التى يرسلها عفريت تجميع المعلومات فى الشبكية، كما يفترض أنصار هذه النظرية أيضاً أن هناك عفاريت معرفيين آخرين وحين يستمعون إلى صرخات عفاريت الملامح فإنهم يتوجهون إليهم حيث يصرخ العفريت المعرفى الذى يجد ملمحاً يتمشى مع نمطه المعرفى، وكلما كثرت الملامح التى يجدها العفاريت المعرفيون كلما زاد صراخهم، وأخيراً هناك عفريت يسمى عفريت القرار، وحينما يسمع صراخ العفاريت المعرفيين فإنه يتوجه إليهم ويختار منهم العفريت الذى يحدث أكبر قدر من الصراخ والضوضاء لكى تكون المعلومة التى يحملها هى التى تمثل نمط الشكل الذى يدركه الجهاز البصرى (Ashby & Perrin, 1988; Sanocki, 1987)

٢ - **نظرية إدراك الشكل بناء على النموذج :** تعتمد هذه النظرية على الذاكرة، والخبرات السابقة لدى الفرد عن الشكل والسياق، والاستراتيجيات التنظيمية العامة، والتوقعات المبنية على المعرفة بمكونات السياق، ولذلك نجد أن عملية التعرف على الأشكال من وجهة نظر أنصار هذه النظرية تتم بناء على النموذج الذهنى للشكل، وهذا يعنى أن الجهاز البصرى يقوم بمقارنة الشكل الذى يراه الفرد بالنموذج المخزن عن هذا الشكل فى ذاكرة الفرد البصرية مع وجود عدة اقتراحات مسبقة لدى الفرد عن توقعاته نحو هذا الشكل، ولذلك فإن الأشكال التى يدركها الفرد لابد أن يكون لها نموذج مخزن عنها فى ذاكرته البصرية (Lowe,1986) ، ورغم أن هذه النظرية قد فسرت كيفية التعرف على الأشكال التى سبق للفرد أن تعرض لها فى حياته اليومية، وأن إسهاماتها النظرية إستفاد منها مهندسو الالكترونيات فى تصميم ماكينات تعمل بالذكاء الصناعى، إلا أنه يؤخذ عليها أنها لم تتعرض لكيفية معالجة الأشكال الجديدة التى يراها الفرد لأول مرة.

٣ - نظرية إدراك الأشكال من خلال مكوناتها : بالرغم من أن نظرية بيت العفاريت ناجحة بقدر كبير، إلا أنه يؤخذ عليها أنها أكدت على أن التعرف على الشكل يتم من خلال وجود ملامح ثابتة فى هذا الشكل علماً بأن هذه الملامح ليس لها قاعدة ثابتة للحكم عليها، ولكنها تخضع لحكم الأفراد، أما نظرية التعرف على الشكل بناء على النموذج فقد عالجت نقطة ضعف نظرية بيت العفاريت وذلك من خلال اقتراحها بأن الشكل الذى سبق للفرد رؤيته يتكون له نموذج يخزن فى ذاكرة الفرد البصرية حيث يتم إدراك الشكل الجديد بمقارنته بمعلومات النموذج المخزن عنه، ولكن هذه النظرية الأخيرة بها أيضاً نقطة ضعف وهى أن الأشياء التى يراها الفرد لأول مرة ليس لها نموذج مخزن عنها فى ذاكرته البصرية، ولذلك جاءت نظرية إدراك الأشكال من خلال مكوناتها لكى تعالج المشكلتين الناجمتين عن النظريتين السابقتين حيث تفترض هذه النظرية أن الأشكال تتكون من مجموعة مكونات أولية حيث يتم التعرف على الشكل وإدراكه من خلالها، وفضلاً عن ذلك فإن هذه النظرية قد قدمت أيضاً تفسيراً لبعض المظاهر الرئيسية للتعرف على الأشكال (Biederman, 1987)

٤ - النظرية الحسابية : إن عملية إدراك الشكل وفقاً للنظرية الحسابية تتم من خلال ثلاثة مستويات. فالمستوى الأول يتم فيه تحديد طبيعة المشكلة البصرية التى يعمل الجهاز البصرى على حلها من خلال المعلومات البصرية التى تستقبلها المستقبلات الضوئية فى شبكية العين، وكذلك تحديد المعلومات التى ينجم عنها الإدراك الجيد للشكل، أما المستوى الثانى فإنه يتعلق بالطرق المختلفة التى يمكن بها تمثيل ومعالجة معلومات الشكل والتى تتم من خلال عدة خطوات حسابية، وأما المستوى الثالث والأخير فإنه يتعلق بكيفية تنفيذ معالجة هذه المعلومات البصرية بطريقة حسابية (Ullman, 1993; Zucker, 1987) .

وتفترض النظرية الحسابية أنه يمكن للباحثين معرفة إدراك الشكل بالطرق الحسابية التقليدية من خلال عدد من العمليات الحسابية حيث يتم تقسيم مراحل إدراك الشكل إلى عدة مشكلات قابلة للحساب، فمثلاً يمكن تكوين صورة أولية للشكل من خلال حساب موقع حواف صورة الشكل التى تسقط على شبكية العين، وتجميع هذه الحواف إلى جزئيات تنتمى إلى بعضها، وفى المرحلة الثانية يتم حساب البعد الثانى الذى يحتوى على علاقات الاتجاه، أما فى المرحلة الثالثة فإنه يتم حساب البعد الثالث للشكل **(Pollick, 1994; Norman &Todd, 1993)**

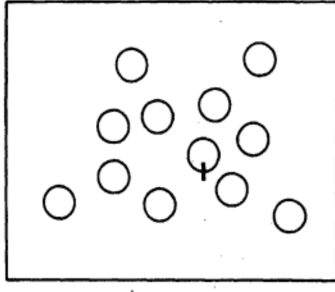
٥ – نظرية تكامل الملامح : لقد أعدت هذه النظرية **آن تريسمان** وزملاؤها) **Treisman, *et al*, 1986)** ، وتفترض هذه النظرية أن ادراك الشكل يتم من خلال مرحلتين رئيسيتين وفقا لدور الانتباه فى معالجة معلومات الشكل. **فالمرحلة الأولى** من هاتين المرحلتين تسمى مرحلة المعالجة قبل الانتباهية، وهى تعنى أن عملية معالجة معلومات الشكل فى هذه المرحلة تتم دون أن يكون للانتباه دور مؤثر فيها حيث تقوم العينان بتجميع المعلومات المختلفة مرة واحدة من المشهد البصرى من خلال حركات العين القفزية مثل معلومات اللون، والاتجاه، والحركة، والحواف...إلخ، ثم يقوم الجهاز البصرى بعد ذلك بتكوين صورة كلية للمشهد البصرى.

أما **المرحلة الثانية** فإنها تركز على دور الانتباه الانتقائى فى معالجة معلومات الأشكال المختلفة التى يحتويها المشهد البصرى حيث تتم بطريقة متتالية لأشكال المشهد البصرى كل شكل على حدة، ودور الانتباه فى هذه المرحلة هو أنه ينتقى شكلاً ذا ملامح خاصة فى موقع معين ويركزعليه ثم يحول ملامحه إلى خصائص إدراكية ويقوم بتسجيلها فى ملف خاص عن هذا الشكل، وبعد ذلك يقوم الجهاز البصرى بمقارنة المعلومات التى تم جمعها فى هذا الملف الخاص

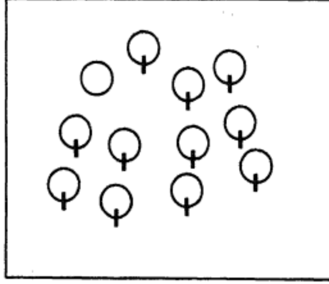
عن هذا الشكل بالمعلومات المخزنة عنه في الذاكـرة البصرية (Treisman & Sato, 1990; Kahneman &Treisman, 1984) .

وعندما يتحول الانتباه البصرى لشكل آخر فإن الشكل السابق يختفى من الرؤية لأن الجهاز البصرى فى هذه الحالة يقوم بعملية حذف بصرى لملف الشكل السابق لذلك يُحجب عن الرؤية ويحل محله ملف الشكل الجديد الذى يتركز انتباه الفرد عليه، ويرى بعض العلماء أن دور الانتباه الانتقائى فى هذه المرحلة يكون بمثابة الفتيل الذى يربط بين الملامح المنفصلة للشكل، ويجمعها معاً فى مكون واحد لشكل يمكن ادراكه، (Treisman, 1986; Treisman & Gelade, 1980)

ولقد أجرت كل من تريسمان، سوتر (Treisman & Souther, 1985)، دراسة هدفت إلى معرفة دور الانتباه فى إدراك الشكل وفقاً لملامحه، وقد استخدموا فى دراستهما الأشكال المبينة فى شكل (١٣ أ، ب)، وقد بينت نتائج هذه الدراسة أن المفحوصين كانوا يقومون بالمعالجة قبل الانتباهية عندما يكون الملمح الذى يبحثون عنه موجوداً فى الشكل الهدف كما هو موضح فى الشكل (أ) حيث كان الملمح الذى يبحثون عنه عبارة عن خط رأسى يقطع محيط الدائرة، ولما كانت الدوائر الأخرى التى توجد فى هذا المشهد البصرى تخلو من هذا الملمح لذلك استطاع المفحوصون أن يتعرفوا على الهدف بسهولة ويدركوه دون أى مشاركة من قبل الانتباه فى البحث عن الشكل الذى يحتوى على هذا الملمح ولكن عندما كان هذا الملمح موجوداً فى أشكال أخرى يحتويها المشهد البصرى كما هو مبين فى الشكل (ب) وطلب من المفحوصين تحديد الشكل الذى يخلو من هذا الملمح، وجد الباحثان أن المفحوصين استخدموا لذلك عملية المعالجة التى يتم فيها تركيز الانتباه للبحث عن الشكل الذى يخلو من هذا الملمح.



الشكل (١٣ – أ)



الشكل (١٣ – ب)

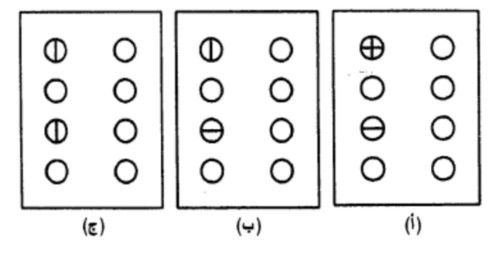
الشكل (١٣) يوضح تأثير الملامح على ادراك الشكل

كما تبين هذه النظرية أيضاً بأنه عندما يكون المشهد البصرى معقداً ويحتاج إلى تركيز الانتباه عليه لتحديد ملامح الشكل الذى يريد الفرد إدراكه، وكان انتباه الفرد مشتتاً أو كان ميكانيزم الانتباه مجهداً من كثرة العمليات الانتباهية المتتالية التى كان يقوم بها، فإن الجهاز البصرى فى هذه الحالة سيجد صعوبة فى تجميع ملامح الشكل بدقة مما يجعله يكون إدراكاً خاطئاً عن الشكل المدرك، كما أن عملية التجميع الخاطئة التى يقوم بها الجهاز البصرى فى هذه الحالة تجعله يدرك أشياء ليست موجودة بالفعل فى الشكل المدرك، ويطلق أنصار هذه النظرية على عملية التجميع الخاطئ لملامح الشكل بأنها عملية اقتران وهمى لتلك الملامح حيث يكون حكم الجهاز البصرى عليها غير دقيق نتيجة لغياب الانتباه المركز الذى من المفروض أن يلعب دوراً هاماً فى تجميعها وتوفيقها معا لتكوين شكل إدراكى له معنى (Intraub, 1989) .

وهناك عدة دراسات بينت نتائجها صحة افتراض نظرية تكامل الملامح عن الاقتران الوهمى نذكر منها على سبيل المثال وليس الحصر الدراسة التى أجرتها كل من **تريسمان، شميلت** (Treisman & Schmidt, 1982) حيث كان الباحثان يعرضان على المفحوصين شكلين ملونين يومضان لمدة قصيرة حيث كان الشكل الأول هو حرف (O)، وكان لونه أحمر، بينما كان الشكل الثانى هو حرف (X) وكان لونه أزرق، وقد بينت النتائج أنه فى حالة الاقتران الوهمى كان المفحوصون يذكرون أنهم قد رأوا حرف (X) بلون أحمر، وحرف (O) بلون أزرق، أى أن اللون الذى كان يعتقد المفحوصون بأنهم قد رأوه كان يخالف اللون الحقيقى للحرف.

أما الدراسة الثانية التى نود الإشارة إليها فى هذا المجال فهى الدراسة التى أجراها برنزميتال (Prinzmetal, 1995) حيث استخدم فيها الأشكال

المبينة فى الشكل رقم (١٤)، وطلب من المفحوصين أن يحددوا علامة (+) التى توجد فى داخل الدوائر، ورغم أن علامة (+) كانت توجد فى دائرة واحدة فى الشكل (أ)، إلا أن عدداً كبيراً من المفحوصين قرروا وجودها أيضاً فى الشكل (ب)، وعدد قليل منهم قرر وجودها فى الشكل (ج) وهذا يعنى أن الاقتران الوهمى لعلامة زائد (+) قد حدث فى الشكل (ب)، أكثر من الشكل (ج)، وقد فسر الباحث هذه النتائج بأن الشكل (ب) كان يحتوى على خطين أحدهما رأسى والآخر أفقى مثل الخطين الرأسى والأفقى المكونين لعلامة (+)، أما الشكل (ج) فكان يحتــوى على خط رأسى فقط ولذلك كان الاقتران الوهمى يحدث أكثر لشكل (ب) لأن الاقتران الوهمى يكثر بين الأشكال المتشابهة بينما يقل بين الأشكال غير المتشابهة (Prinzmetal, 1995) ، كما يكثر الاقتران الوهمى أيضا بين الحروف الهجائية التى تكوّن كلمات لها معنى، بينما يقل بين حروف الكلمات التى ليس لها معنى (Prinzmetal & Millis - Wright, 1984).



الشكل (١٤) يبين الاقتران الوهمى فى تجميع وتكامل ملامح الشكل

٦ - **نظرية الجشطالت:** يرى أنصار نظرية الجشطالت أن العقل قوة منظمة تحيل ما بالكون من فوضى إلى نظام وذلك وفقاً لقوانين خاصة، وبفعل عوامل موضوعية تشتق من طبيعة هذه الأشياء نفسها، وتعرف هذه القوانين بقوانين التنظيم الإدراكى الحسى، وهى عوامل أولية فطرية لذلك يشترك فيها الناس جميعاً، وبفضل هذه القوانين تنتظم المنبهات الفيزيقية والحسية فى أنماط أو صيغ كلية مستقلة تبرز فى مجال إدراكنا، ثم تأتى الخبرة اليومية والتعلم لكى يعطى لهذه الصيغ معانيها **(عبد الحليم محمود وآخرون، ١٩٩٠)** ، ونقدم عرضا مفصلاً لهذه القوانين فيما يلى:

قوانين التنظيم الإدراكى:

لقد قدم علماء مدرسة الجشطالت عدداً كبيراً من القوانين التى تنظم الإدراك الحسى، ورغم ذلك لا يوجد إتفاق بين العلماء يحدد عدد هذه القوانين تحديداً دقيقاً، ولكنهم يتفقون على (١١٤) قانوناً من العدد الكلى لهذه القوانين، وأهمها على الإطلاق سبعة قوانين وهى موزعة على ثلاثة مجالات رئيسية تعد مركز اهتمام علماء نظرية الجشطالت منذ إعدادها حتى الوقت الراهن وهذه المجالات الثلاثة هى: قوانين تجميع الأشكال، وقانون براجنانتس لجودة الأشكال، وقانون الشكل والأرضية، وسوف نقدم عرضاً لهذه القوانين فيما يلى:

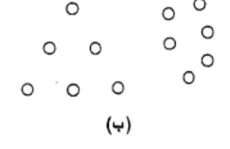
أولاً: قوانين تجميع الأشكال:

إن معظم الأشكال التى نراها مكونة من عدة عناصر، وإدراكها يحتاج إلى تجميع وتنظيم تلك العناصر وهناك خمسة قوانين أساسية أعدها علماء مدرسة الجشطالت تبين كيفية تجميع عناصر الأشكال لكى تبدو مترابطة حتى تمكن الجهاز البصرى من إدراك الشكل الذى يتكون منه تلك العناصر، وهذه القوانين كما يلى:

١ - قانون التقارب: ينص هذا القانون على أن العناصر القريبة من بعضها تدرك على أنها شكل واحد، أو وحدة واحدة لأن المسافات القريبة بين هذه العناصر تجعلها تنتظم في سياق واحد ولذلك ندركها على أنها شكل واحد.

انظر إلى الشكل رقم (١٥) ستجد أن عناصره مكونة من مجموعة دوائر، ولكن دوائر الشكل (أ) تقترب المسافة بينها في الاتجاه الرأسي لذلك ندرك تنظيمها على أنه شكل لأعمدة، أما دوائر الشكل(ب) فستجد أنها تتكون من (١٢) دائرة ولكن كل ستة دوائر منها تجتمع معاً، ولذلك ندركها على أنها تشكل مجموعتين منفصلتين من الدوائر، إحداهما تأخذ شكل دائرة مفلطحة، والأخرى تأخذ شكل مثلث.

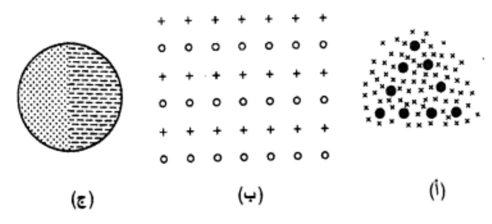
(أ)



الشكل رقم (١٥) يوضح قانون التقارب

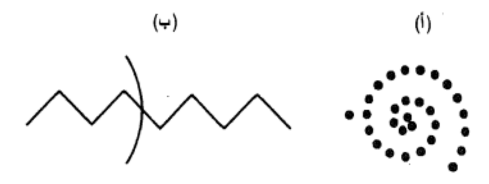
٢ - **قانون التشابه:** ينص هذا القانون على أن العناصر المتشابهة تجتمع معاً حيث ينتج عن تجمعها شكل منظم.أنظر إلى الشكل رقم (١٦) ستجد أن الشكل (أ) يتكون من مجموعة نقاط سوداء، ومجموعة أخرى من علامات (×)، ولكن النقاط السوداء تجتمع معاً مكونة شكلاً له ثلاثة أضلاع وثلاثة زوايا، ولذلك ندركه على أنه مثلث، أما علامات (×) فإنها تدرك على أنها الأرضية التي يوجد عليها هذا المثلث.

أما إذا نظرت إلى الشكل (ب) فستجد أن عناصره تتكون من مجموعتين **فالمجموعة الأولى** عبارة عن دوائر صغيرة، أما **المجموعة الثانية** فهي عبارة عن علامات زائد (+)، وتنتظم عناصر كل شكل منها في صفوف أفقية، كما تنتظم أيضاً في شكل أعمدة بالتناوب بين عناصرالشكلين، ولذلك ندرك عناصر هذا الشكل على أنها مجموعة صفوف أفقية وفقاً لقانون التشابه، وعلى أنها أعمدة وفقاً لقانون التقارب، وأما إذا نظرت إلي الشكل (ج) فستجد أنه عبارة عن دائرة يحتوى نصفها الأيمن على خطوط أفقية صغيرة، بينما يحتوى نصفها الأيسر على نقاط صغيرة، ولذلك يدرك هذا الشكل على أنه تكوينان منفصلان وفقاً لتشابه عناصر نصفي هذه الدائرة.



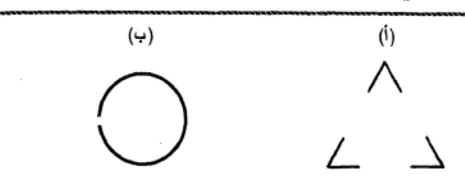
الشكل (١٦) يبين نماذج لقانون التشابه

٣ - قانون الاتصال (الاستمرار) : ينص هذا القانون على أن العناصر التى تتابع فى خط منحن أو مستقيم تدرك على أنها تنظيم لشكل واحد. فإذا نظرت إلى الشكل رقم (١٧) ستجد أن عناصر الشكل (أ) مكونة من مجموعة نقاط تدرك فى شكل متصل، أما الشكل (ب) فستجد أنه يتكون من خط مقوس يتقاطع مع خط آخر متموج، لذلك ستدرك هذين الخطين على أنهما منفصلان لأن الخط المقوس يستمر بعد نقطة تقاطعه مع الخط المتموج.



الشكل (١٧) يوضح نماذج لقانون الاتصال (الاستمرار)

٤ - قانون الإغلاق : ينص هذا القانون على أن الأشكال التى تحتوى على فجوات فى محيطها ندركها على أنها أشكال كاملة حوافها مغلقة. بمعنى أن عملية الاغلاق تملأ فجوات الشكل لكى تجعل له معنى إدراكى. انظر إلى الشكل رقم (١٨) ستجد أن الشكل (أ) يتكون من مثلث، ولكن أضلاعه الثلاثة تحتوى على فجوات بمعنى أن المستقيمات الثلاثة المكونة للمثلث غير كاملة، ورغم ذلك ندركه على أنه مثلث له ثلاثة أضلاع وثلاثة زوايا مختلفة الاتجاه، وانظر أيضاً إلى الشكل(ب). ستجد أنه يتكون من دائرة محيطها غير كامل، ورغم ذلك تدركها على أنها دائرة، ويرجع السبب فى ذلك لأن جهازنا البصرى يقوم بملء فراغات الأشكال التى تحتوى على فجوات من خلال عملية الإغلاق لكى يجعل الشكل له معنى إدراكى.



الشكل (١٨) يبين نماذج لقانون الاغلاق

٥ - قانون الاتجاه: ينص هذا القانون على أن العناصر التى تتحرك فى اتجاه واحد ندركها على أنها شكل واحد (Palmer, 1992; Julesz, 1981)، ونظراً لأن هذا القانون يتضمن عملية الحركة لذلك يصعب علينا توضيحه هنا من خلال الرسم.

ثانياً: قانون براجنانتس لجودة الأشكال: إن هذا القانون ينص على أن الأشكال الأسهل والأسرع فى الإدراك هى تلك الأشكال التى تتصف بالبساطة والتناسق والإنتظام. لذلك فإن هذا القانون ينبئ بأن بعض الأشكال الهندسية أسهل وأسرع فى إدراكها من الأشكال الأخرى، حيث نجد أن الزاوية القائمة أفضل فى طريقة إدراكها من الدائرة التى تحتوى على فجوات فى محطها لأن الزاوية القائمة تتصف بالتناسق والانتظام، والبساطة ولذلك فإنها لا تحتاج إلى موارد معرفية كثيرة لإدراكها أو لاسترجاع المعلومات المخزنة عنها فى الذاكرة (Hatfield & Epstein, 1985).

ولقد أجريت عدة دراسات علمية حديثة هدفت إلى التحقق من صحة هذا القانون، وقد أكدت نتائجها على صحته حيث بينت أن الأشكال التى تتصف بالبساطة والتناسق والتنظيم تكون أسرع فى إدراكها من الأشكال التى لا

تتوافر فيها هذه الصفات، وقد فسر الباحثون نتائج هذه الدراسات وفقاً لقانون براجنانتس حيث بينوا أن البساطة والتناسق والتنظيم هى أساساً من العوامل التى تؤدى إلى جودة الأشكال وسرعة إدراكها، كما بينوا أيضا أن الناس بصفة عامة يتحيزون فى إدراكهم للأشكال التى تتصف بالبساطة والتناسق والتنظيم (Palmer, 1991; 1992; Tversky, 1991) .

ثالثاً: قانون الشكل والأرضية: ينص هذا القانون على أننا ندرك الأشياء وفقا لتنظيم الشكل والأرضية. بمعنى أن الإنسان ينظم الأشياء التى يراها إلى شكل وأرضية، حيث يتحدد الشكل بالحواف المحيطة به التى تميزه، بينما تكون الأرضية هى الخلفية التى تقع خلف الشكل، وهى بدون حواف، فإذا نظرت إلى كتاب يوجد فوق مكتبك، فستجد أن الكتاب ينفصل عن المكتب بحواف محددة تحيط به وتميزه عن المكتب، لذلك يكون هذا الكتاب هو الشكل وفقا لهذا القانون، بينما يكون المكتب هو الأرضية أو الخلفية التى يظهر عليها الكتاب.

ولقد وجد علماء مدرسة الجشطالت أن العلاقة بين الشكل والأرضية تتحدد فى أربعة عوامل رئيسية وهى كما يلى:

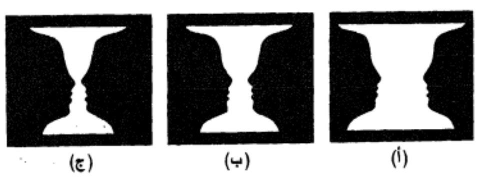
١ - أن الشكل له حواف تحيط به وتميزه، بينما تكون الأرضية بلاحواف، وليس لها شكل محدد.

٢ - أن الأرضية تقع دائماً خلف الشكل.

٣ - أن الشكل أسهل وأبسط فى إدراكه من الأرضية لأن حوافه تجعل له معنى إدراكياً يسهل تذكره بها.

٤ - يتباين الشكل عن الأرضية فى درجة النصوع حيث يكون إما أكثر أو أقل نصوعاً من الأرضية (Weisstein & Wong, 1986) .

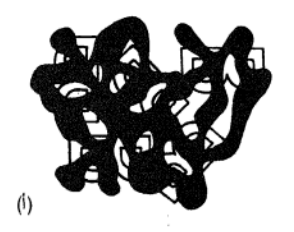
وهناك مبدأ عام في العلاقة بين الشكل والأرضية وهو: أن المنطقة الأصغر في المشهد البصري تدرك على أنها شكل، بينما تدرك المنطقة الأكبر على أنها أرضية. أنظر إلى الشكل رقم (١٩) ستجد أن المنطقة البيضاء في الشكل (أ) أكبر من المنطقة السوداء، لذلك ستدرك المنطقة السوداء التي تمثل وجهين متقابلين على أنها الشكل، بينما ستدرك المنطقة البيضاء التي تفصل بين الوجهين على أنها الأرضية، أما إذا نظرت إلى الشكل (ج) ستجد أن المنطقة البيضاء أصغر من المنطقة السوداء، ولذلك ستدرك المنطقة البيضاء على أنها الشكل والذي يمثل فازة، بينما تدرك المنطقة السوداء على أنها الأرضية التي تقع خلف الفازه، ولكن إذا نظرت إلى الشكل (ب) ستجد أن المنطقتين البيضاء والسوداء متساويتان تقريباً، ولذلك يصبح هذا الشكل غامضا ويصعب تحديد الشكل من الأرضية لذلك سيرى بعض الأفراد أن الجزء الأبيض هو الشكل وأن الجزء الأسود هو الأرضية، بينما سيرى الآخرون عكس ذلك، وهذا يعني أن هذين التنظيمين للشكل والأرضية سيتبادلان في الإدراك رغم أن الصورة واحدة مما يوضح أن تنظيم العلاقة بين الشكل والأرضية تحدث في العمليات العقلية بمخ الإنسان وليس في المشهد البصري **(Finkel & Sajda, 1994)**.



الشكل (١٩) يوضح العلاقة بين الشكل والأرضية

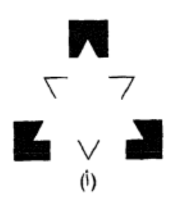
وقد يواجه الفرد أشكالاً تحجبها أشياء أخرى عن الرؤية. انظر مثلا إلى الشكل رقم (٢٠) ستجد أن الشكل (أ) يتكون من عدة أشكال، ولكن

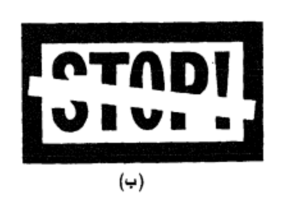
يحجبها عن الرؤية بعض الخطوط العشوائية التى وضعت فوقها، ورغم ذلك فإن جهازك البصرى يمكنه تجميع هذه الأشكال وملء الفجوات التى تحدثها الخطوط العشوائية التى تقع فوقها وذلك من خلال عملية الإغلاق السابق الإشارة إليها، ولذلك يستطيع الفرد أن يدرك هذه الأشكال على أنها مجموعة من حرف (B) باللغة الإنجليزية وضعت فى اتجاهات مختلفة، أما إذا أزيلت الخطوط العشوائية بممحاه وتركت الفجوات التى أحدثتها فى هذه الأشكال (الحروف) كما هو موضح فى الشكل (ب)، فإن أشكال هذه الحروف ستصبح واضحة ويمكن للجهاز البصرى فى هذه الحالة أن يقوم بعملية الإغلاق وادراك أشكال هذه الحروف بسهولة (Brown& Koch, 1991).



الشكل (٢٠) يوضح عملية الاغلاق

وأحياناً تكون حواف الشكل غير موجودة ورغم ذلك تؤثر على إدراكنا للشكل والأرضية، وفي مثل هذه الحالة يقوم الجهاز البصرى لدى الفرد بتكوين حواف وهمية للشكل تسمى الحواف الذاتية حتى يستطيع إدراك هذا الشكل. انظر إلى شكل (٢١) ستجد أن الشكل (أ) يحتوى على مثلث ليس له حواف حيث تقع زواياه الثلاثة داخل المربعات الثلاثة المبينة فى هذا الشكل، كما ستجد فى الشكل (ب) أن هناك مستطيلاً ليس له حواف يحجب خلفه أجزاء من حروف كلمة STOP بما يعنى أن هذا المستطيل يقع أمام تلك الكلمة، ومع ذلك يستطيع الجهاز البصرى تحديد حواف هذه الحروف والتى تسمى الحواف الذاتية وعندئذٍ يستطيع تحديد الشكل من الأرضية لأن الحواف الذاتية تؤثر فى عملية الإدراك مثل تأثير الحواف الحقيقية حيث تحجب خلفها أجزاء من الشكل الآخر الذى يمثل الأرضية، ولذلك يستطيع الفرد أن يدرك فى الشكل رقم (٢١) أن المثلث الذى ليس له حواف هو الشكل، وأن المثلث الآخر الذى يوجد له حواف هو الأرضية، وأن المستطيل الذى ليس له حواف هو الشكل، واللوحة التى كتب عليها كلمة STOP هى الأرضية **(Coren, 1991)**.


(أ)



(ب)

الشكل (٢١) يوضح تأثير الحواف الذاتية على إدراك الأشكال

دور الانتباه فى التنظيم الإدراكى :

تفترض نظرية الجشطالت أن التنظيم الإدراكى للأشكال يحدث بدون انتباه بمعنى أن عملية تنظيم هذه الأشكال إدراكياً تحدث أولاً حسب قوانين التنظيم الإدراكى السابق الإشارة إليها، ثم يقوم الفرد بتوجيه انتباهه على الشكل الإدراكى لكى تبدأ عملية معالجة المعلومات، ثم يأتى دور الذاكرة بعد ذلك لتخزين المعلومات المتعلقة بهذا الشكل لاستدعائها عند حاجة الجهاز البصرى إليها (Palmer, 1996; Wolfe, 1994).

ونحن نرى من وجهة نظرنا أن هذا الافتراض مقبول من الناحية المنطقية لأن عملية البحث التى يقوم بها الجهاز البصرى تبحث عن مصدر التنبيه ثم تأتى عملية التصفية لكى تحدد هذا المنبه وموقعه فى المشهد البصرى ثم يأتى بعد ذلك دور الانتباه لكى يركز على صفات هذا المنبه وخصائصه حيث يقوم الجهاز البصرى بمعالجة هذه المعلومات ثم تقوم الذاكرة بتخزينها لاستدعائها عند اللزوم (**السيد على سيد احمد ،١٩٩٨**) .، وهذا يتفق مع ما تفترضه نظرية الجشطالت عن دور الإنتباه فى التنظيم الإدراكى.

وأما عن الناحية التجريبية فلدينا أدلة جمعناها من نتائج عدة دراسات سابقة تؤكد أن التنظيم الإدراكى يحدث قبل تركيز الانتباه على الشكل الهدف، وهذا يعنى أن التنظيم الإدراكى يحدث بدون انتباه (Ben - Av, *et al*, 1992; Braun & Sagi, 1990; 1991; Walf, 1994)، وهناك دراسات أخرى بينت فى نتائجها أن عملية البحث البصرى عن الشكل تحدث بدون انتباه (Brown, *et al*,1992; Gibson, 1994)، ولذلك يرى بعض العلماء أن عملية البحث البصرى التى تناولتها النظريات المختلفة المفسرة للإنتباه والإدراك يقوم بها الجهاز البصرى كما حددتها مبادئ التنظيم الإدراكى فى نظرية الجشطالت (Grossberg, *et al*, 1994).

ولقد تبين لنا من مراجعتنا للتراث المتاح أن بعض أنصار النظريات الأخرى المفسرة للإدراك البصرى يرون أن جزءاً قليلاً جداً من عملية التنظيم الإدراكى تحدث بدون انتباه، وأن الجزء الأكبر منها يستلزم تركيز الانتباه على المشهد البصرى، ولذلك يشكك هؤلاء العلماء فى مبادئ نظرية الجشطالت التى يرى أنصارها أن التنظيم الإدراكى يحدث فى مرحلة قبل انتباهية أى بدون انتباه، ويستند هؤلاء العلماء فى تشكيكهم لمبادئ نظرية الجشطالت على أن الأفراد الذين شاركوا فى دراساتهم كمفحوصين لم يتذكروا الأشكال التى حدث لها تنظيم إدراكى وفقاً لمبادئ نظرية الجشطالت عندما كانوا يجيبون فى نهاية التجربة عن سؤال أعده هؤلاء الباحثون لهذا الغرض (Mack, *et al*, 1992; Palmer, 1996; Palmer & Rock, 1994; Rock, *et al*, 1992).

وعلى أية حال إننا نؤيد مبادئ التنظيم الإدراكى فى نظرية الجشطالت ونرى أن المفحوصين الذين شاركوا فى دراسات الباحثين الذى شككوا فى مبادئ نظرية الجشطالت إذا كانوا لم يستطيعوا تذكر الأشكال التى حدث لها تنظيم إدراكى، فإن هذا لا يعنى أن التنظيم الإدراكى لم يحدث فعلاً، ولكنه قد يكون حدث بالفعل، ولكن المفحوصين لم يستطيعوا تذكره، ونحن نعتقد أن عدم قدرة هؤلاء المفحوصين على تذكر التنظيم الإدراكى يرجع لسببين: **فالسبب الأول هو:** أن هؤلاء المفحوصين كانوا يُسئلون بعد انتهاء التجربة مباشرة عن الأشكال التى حدث لها تنظيم إدراكى، ونحن نعتقد أن الفاصل الزمنى القصير جداً الذى يقع بين المحاولات التجريبية، والإجابة عن أسئلة الباحثين يجعل هؤلاء المفحوصين عرضة لنسيان المعلومات البصرية التى جمعها جهازهم البصرى من المشهد البصرى خاصة إذا كانت هذه المعلومات قد تم تخزينها فى الذاكرة البصرية قصيرة المدى. أما **السبب الثانى** فهو أننا نعتقد أن معلومات التنظيم الإدراكى لم تخزن جيداً فى الذاكرة البصرية، لأنه قد يكون حدث تشتت للانتباه أثناء عملية

تخزين هذه المعلومات خاصة أن المشهد البصرى الذى كان يعرض على المفحوصين كان يحتوى على منبهات شاذة كثيرة تشتت الانتباه منها على سبيل المثال وليس الحصر تلك الأعداد الكبيرة من النقاط السوداء والبيضاء التى كانت توجد على شاشة العرض.

طرق المعالجة الإدراكية للشكل

يستخدم الجهاز البصرى لدى الإنسان عدة طرق لعلاج مكونات الشكل وإدراكه، وهذه الطرق كما يلى:

١ - **طريقة تحليل الشكل إلى مكوناته الأساسية :** إن عملية إدراك الشكل وفقاً لهذه الطريقة تتم من خلال تحليل الشكل إلى مكوناته الأساسية والتى يجب أن تكون ثابتة فى هذا الشكل، فمثلاً وجه الإنسان يعتبر شكلاً مستقلاً، وهو يحتوى على مكونات أساسية ثابتة مثل العينين، والأذنين، والفم، والجبهة، والصدغين، والذقن، وعملية إدراك هذا الشكل (وجه الإنسان) تتم من خلال التعرف على هذه المكونات الأساسية الثابتة وتحديد مواقعها وفقاً للنموذج المخزن عن هذا الشكل فى الذاكرة البصرية، ثم استنتاج أن هذه المكونات الثابتة فى عددها، ومواقعها هى شكل لوجه الإنسان (Leyton, 1986).

٢ - **طريقة المعالجة وفقاً للبيانات مقابل المفاهيم :** إن عملية المعالجة وفقاً للبيانات تحدث فى الشبكية حيث تتلقى المستقبلات الضوئية المعلومات الأساسية عن هذا الشكل مثل الملامح المميزة له، واتجاه الخطوط إن وجدت، واختلاف الإضاءة، والألوان، ودرجة النصوع، والعلاقات المختلفة بين مكونات الشكل، أما عملية المعالجة وفقاً للمفاهيم فإنها تتم فى المراكز البصرية بالقشرة المخية حيث تشارك فيها المعلومات المخزنة عن هذا الشكل فى الذاكرة البصرية، وكذلك خبرات الفرد السابقة، والاستراتيجيات التنظيمية العامة، وتوقعات الفرد المبنية

على معرفته بالبيئة المحيطة وبالأحداث السابقة وبالسياق الذى يوجد فيه هذا الشكل، ومن خلال كل ما سبق، وبالاستعانة بالمعلومات التى جمعتها الشبكية فى مرحلة معالجة البيانات يقوم الجهاز البصرى بتوجيه الانتباه على موقع محدد فى المشهد البصرى الذى وردت منه معلومات بصرية عن شكل ما ثم يقوم الجهاز البصرى بعملية تجميع وتكامل لملامح هذا الشكل وإدراكه بناء على توقعات الفرد وخبراته السابقة (Treisman & Gormican, 1988).

ونود أن نبين أن الجهاز البصرى يحتاج إلى هذين النوعين من المعالجات لإدراك الشكل لأنه إذا كان يحتاج إلى المعالجة وفقا للمفاهيم فقط فإن هذا يعنى أن الفرد لن يرى فى المشهد البصرى إلا ما يتوقع هو رؤيته وهذا بالطبع غير منطقى لأن هناك بعض الأشياء التى يراها الفرد لأول مرة وهذا يعنى أنه ليس لديه خبرة سابقة بها أو معلومات مخزنة عنها فى ذاكرته البصرية ولذلك فإن توقعه الإدراكى عنها يكون خاطئاً، أما إذا كان يحتاج إلى المعالجة وفقا للبيانات فقط فإن هذا يعنى أن الفرد لن يتمكن من الاستفادة من خبراته الهائلة بالمنبهات البصرية لتعزيز عملياته الإدراكية خاصة فى المواقف التى تكون فيها هذه الخبرات ضرورية للتمييز بين المعلومات التى تستقبلها الشبكية المرتبطة وغير المرتبطة بالشكل المدرك.

٣ - **طريقة المعالجة الجزئية مقابل المعالجة الكلية :** تعتبر الملامح الجزئية هى تلك الملامح المنفصلة أو صغيرة النطاق فى الشكل، أما الملامح الكلية فهى التى تتكون من مجموع الملامح الجزئية ويؤدى تجمعها معا وتكاملها إلى تكوين هيئة عامة للشكل تعطى له معنى إدراكى.

انظر إلى الأشكال أ، ب، ج المبينة فى الشكل رقم (٢٢) ستجد أن كل منها يمثل شكلاً لحرف (H) باللغة الإنجليزية، أما جزئياته فهى حرف (S) صغير

الحجم في الشكلين (أ،ج)، وحرف (H) صغيـر الحجم فى الشكلين (ب،د)، وكل حرف من هذه الحروف الصغيرة يتكون هو الآخر من جزئيات صغيرة عبارة عن نقاط الحبر المتجاورة التى تتجمع معا فى الخطوط المكونة لهذا الحرف الصغير، وهذا يعنى أن مصطلحات الجزئية والكلية هى مصطلحات نسبية حيث تتوقف على نوع الجزئيات التى نريد تحديدها فى الشكل الأكبر منها الذى تنتمى إليه هذه الجزئيات، بمعنى أن حروف (S) المبينة فى شكل (٢٢) هى جزئيات فى الشكل الذى يكون حرف (H) الكبير، ونقاط الحبر المتجمعة هى جزئيات فى الخطوط المكونة لحروف (S) الصغيرة.

```
H           H        S           S
H           H        S           S
H           H        S           S
H           H        S           S
H H H H H H          S S S S S S
H           H        S           S
H           H        S           S
H           H        S           S
H           H        S           S
    (ب)                  (أ)

H           H        S           S
H           H        S           S
H     H     H        S     S     S
H           H        S           S
H           H        S           S
    (د)                  (ج)
```

الشكل (٢٢) يوضح طريقة المعالجة الجزئية للأشكال مقابل المعالجة الكلية

وتؤثر المسافة بين جزئيات الشكل على سرعة التعرف على كل من جزئياته وملامحه، ففى نفس المثال السابق نجد أن الشخص يمكنه التعرف على حرف (H) فى الشكلين (أ،ب) بنفس السرعة بغض النظر عن جزئيات هذين الشكلين، وهذا يعنى أن المعالجة الكلية للأشكال لا تتأثر بمكوناتها إذا كانت المسافة بين هذه المكونات متقاربة، أما إذا كانت المسافة بين هذه المكونات متباعدة كما فى الشكلين (ج،د) فإن المعالجة الإدراكية الكلية للشكل (ج) تستغرق وقتا أطول من الذى تستغرقه هذه المعالجة فى الشكل (د) بمعنى أن المعالجة الكلية للأشكال التى تبعد المسافة بين مكوناتها تستغرق وقتا أطول عندما تكون ملامح هذه المكونات مختلفة عن الملامح العامة للشكل، أما بالنسبة للمعالجة الجزئية فإنها تستغرق وقتا أطول إذا كانت هذه الجزئيات متقاربة أو مختلفة عن ملامح الشكل بمعنى أن سرعة المعالجة الإدراكية لمكونات الشكل (أ) تستغرق وقتا أطول من الوقت الذى يستغرق فى معالجة مكونات الشكل (ج) رغم أن جزئياتهما واحدة، فى حين نجد أن معالجة مكونات الشكلين (أ،ج) تستغرق وقتا أطول فى المعالجة الإدراكية من الشكلين (ب،د) لأن الملامح الجزئية فى الشكلين (أ،ج) تختلف عن الملامح العامة للشكل الذى تنتمى إليه هذه الملامح، أما الملامح الجزئية فى الشكلين (ب،د) فهى مثل الملامح العامة لشكل حرف (H) **(Kimchi, 1992)**.

كذلك يؤثر بعد الشكل عن العين على المعالجة الجزئية والكلية فإذا قمت بفصل الشكل (أ) من الشكل السابق ووضعته أمامك على مسافة مترين من عينيك، فإنك فى هذه الحالة ستتمكن من التعرف على شكل حرف (H)، ولكنك ستجد صعوبة فى التعرف على جزئياته، أما إذا قربت موقع هذا الشكل من عينيك فإن الصورة التى تتكون لهذا الشكل على شبكية العين سيقع جزء

كبير منها بعيدا عن النقرة التى تتركز فيها الخلايا المخروطية التى تعالج معلومات الشكل، ولذلك ستجد صعوبة فى التعرف على الشكل (حرفH)، أما الجزئيات المكونة لهذاالشكل (حرف S) فنظرا لصغر حجمها ستقع الصورة المتكونة لبعضها على نقرة الشبكية لذلك يمكن للفرد أن يتعرف عليها ويدركها بسهولة (Navon & Norman, 1983; Kinchla & Wolfe, 1979).

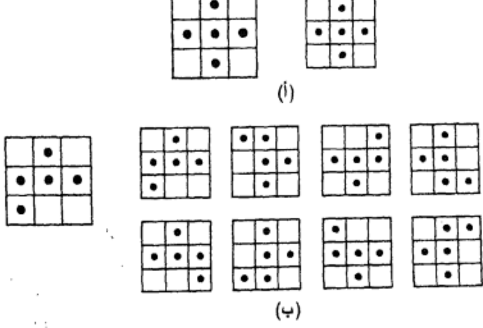
٤ - طريقة المعالجة وفقاً للخصائص الثابتة : إن طريقة معالجة المعلومات الإدراكية فى هذه الطريقة تفترض أن أى شكل له خصائص ثابتة تميزه فى جميع الحالات التى يوجد فيها هذا الشكل، فمثلا شكل الدائرة يختلف عن شكل المثلث، وكلاهما يختلف عن شكل المربع رغم أنها جميعا أشكال هندسية، إلا أن خصائصها المميزة لها لن تتغير فى أى ظرف من ظروف الرؤية.

وهناك حالات نادرة تتغير فيها الخاصية المميزة لشكل معين بمعنى أنها لا تبقى ثابتة، والمعالجة الإدراكية فى هذه الحالة تتم من خلال توافر أكبر عدد من الصفات أو الخواص الأخرى الثانوية التى توجد فى هذا الشكل مثل المساحة، والطول، والمحيط، وعدد الزوايا...إلخ (Mundy & Zisserman, 1992; Bolles & Cain, 1982).

٥ - طريقة معالجة الملامح المترابطة مقابل الملامح غير المترابطة : هناك بعض الصفات التى تميز الأشكال الجيدة إدراكيا بمعنى أن وجود هذه الصفات فى الشكل تجعله أسهل وأسرع وأوضح فى إدراكه من الأشكال الأخرى التى تقل أو تنعدم فيها هذه الصفات، ومن الصفات المميزة للشكل الجيد إدراكيا ترابط ملامحه بحيث ينتج عن ترابطها شكل واحد غير قابل للفصل إلى الجزئيات المكونة له، ومن أمثلة الأشكال التى ترتبط ملامحها المصباح الكهربائي، فعندما

تنظر إليه من أى اتجاه سترى أنه شكل واحد رغم أنه يحتوى على ملمحين رئيسيين هما شكل المصباح، ولون الإضاءة، وهذا يعنى أن الشكل الذى تترابط ملامحه هو الشكل الذى نرى ملامحه معا فى آن واحد، لذلك عندما ننظر إلى المصباح الكهربائى فإننا نرى شكله ولون إضاءته معا وفى آن واحد.

أما الأشكال التى لا ترتبط ملامحها فهى التى لا يمكن حدوث تكامل بين ملامحها. انظر إلى الشكل رقم (٢٣) حيث يحتوى على عدة أشكال، كل شكل منها يتكون من تسعة مربعات بها خمس نقاط، ولكن نقاط الشكل (أ) تكون شكلاً مربعا أو دائريا فى مركزه نقطة، ولذلك يمكن أن ننظر إليه على أنه شكل واحد أى أن ملامحه مترابطة، أما نقاط الشكل (ب) فإن تجمعها لا يعطى شكلاً له معنى إدراكى وهذا يعنى أن ملامحها غير مترابطها (Treisman, 1982; Garner, 1978; Treisman & Sato, 1990).



الشكل (٢٣) يوضح طريقة معالجة الملامح المترابطة مقابل الملامح غير المترابطة

ثبات الشكل

إن ثبات الشكل يعنى أن الشكل المدرك للشيئ يظل ثابتا رغم التغير الذى قد يحدث فى اتجاهه أو موضعه (Bruce& Green, 1985). فإذا تجولت فى حجرتك ونظرت إلى الشباك من زوايا مختلفة ستجد أن شكل الشباك يتغير وفقا للزاوية التى تنظر منها. فقد يكون مثل المربع أو شبه المنحرف ورغم ذلك تعرف أنه شباك لأن الجهاز البصرى يقوم بتعويض التغيرات التى تحدث بسبب الرؤية فى العمليات العليا من المعالجة البصرية ويقوم بتصحيح إدراكنا للأشياء، كمايرتبط ثبات الشكل بحجم الأشياء وبعدها عنا، لذلك تعمل إشارات الحجم والمسافة التى توجد فى السياق على ثبات إدراكنا للشكل، وكلما زادت هذه الإشارات فى السياق كلما زاد الثبات الإدراكى للشكل (Niall, 1990).

وتساعد خبرة الفرد السابقة عن الشكل على الثبات الإدراكى لهذا الشكل. انظر إلى الشكل رقم (٢٤) ستجد أنه يحتوى على حرف (E) فى أوضاع مختلفة، ولكن نظرا لأننا لدينا خبرة سابقة عن الوضع الصحيح لهذا الحرف، لذلك سنستخدم خبرتنا السابقة فى تحديده والتعرف عليه فى جميع الأوضاع التى يوجد عليها (Braine, Plastow & Greene, 1987)، أما إذا كان المنبه جديدا علينا وليس لدينا خبرة سابقة عنه، فإننا سنتعرف عليه من خلال عملية الاستدلال اللاشعورى والتى تشبه الاستدلال فى علم المنطق حيث يتم فيها ربط معلومات الصورة المتكونة للمنبه على شبكية العين مع إشارات الحجم والمسافة لكى نخرج من هذا الاستدلال بنتيجة إدراكية عن شكل هذا المنبه (Rock, 1983).



الشكل ((٢٤) يوضح ثبات الشكل لحرف E رغم أنه فى أوضاع مختلفة

وهناك عوامل أخرى تؤثر على ثبات الشكل مثل مدة رؤيته، ومدى تركيز الانتباه عليه لأن الرؤية الخاطفة السريعة للشكل، وعدم تركيز الانتباه عليه تجعل إدراكنا للشكل مشوشا وغير دقيق، أما الرؤية الكافية التى تسمح للجهاز البصرى بتجميع المعلومات المختلفة عن الشكل ومكوناته، والتى يصاحبها انتباه مركز فينتج عنها إدراك صحيح للشكل ومكوناته، كما أنها تساعد الجهاز البصرى على تصحيح الثبات الإدراكى لهذا الشكل (Epstein & Lovitts, 1985).

المراجـــــع

أولا: المراجع العربية:

١- **السيد على سيد احمد (١٩٩٨).** برنامج مقترح لتنمية الانتباه البصرى لدى الأطفال المتخلفين عقلياً، رسالة دكتوراه غير منشوره، مودعة بمكتبة معهد الدراسات العليا للطفولة-جامعة عين شمس.

٢- **عبد الحليم محمود السيد، وآخرون (١٩٩٠)**. علم النفس العام، الطبعة الثالثة، مكتبه غريب بالقاهرة.

ثانيا: المراجع الأجنبية:

3- **Ashby, F.G., & Perrin, N.A. (1988).** Toward a unified theory of similarity and recognition. Psychological Review, 95, 124-150.

4- **Ben-Av,M.B., Sagi, D., & Braun, J. (1992)** Visual attention and perceptual grouping. Perception & Psychophysics, 52, 277-294.

5- **Bolles, R.C., & Cain, R.A.(1982).** Recognizing and locating partially visible objects: The local-feature-focus method. International Journal Robotics Research. 1(3). 57-82

6- **Braine, L.G., Plastow, E., & Greene, S.1. (1987).** Judgments of shape orientation: A matter of contrasts. Perception & Psychophysics, 41,335-344.

7- **Braun, J., & Sagi, D. (1990).** Vision outside the focus of attention. Perception & Psychophysics, 48, 45-58.

8- **Braun, J., & Sagi, D. (1991).** Texture- based tasks are little affected by a second task which requires peripheral or central attentive fixation. Perception, 20,483-500.

9- **Brown, J.M., & Koch, C.J. (1991).** Influences of closure and occlusion on the perception of fragmented pictures. Paper presented at ARVO, Sarasota, FL.

10- **Brown J.M., Weisstein, N., & May, J.G. (1992).** Visual search for simple volumetric shapes. Perception & Psychophysics, 51, 40 - 48.

11- **Bruce, V., & Green, P. (1985).** Visual perception physiology, Psychology and Ecology Hillsdale, NJ: Erlbaum.

12- **Capaldi, E.J., & Proctor, R.W. (1994).** Contextualism: Is the act in context the adequate metaphor for scientific psychology? Psychonomic Bulletin & Review,1 (2), 239-249.

13- **Epstein, W., & Lovitts, B.E. (1985).** Automatic and attentional components in perception of shape- at -a-slant. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance,11, 355-366.

14- **Finkel, L., & Sajda, P. (1994).** Constructing visual perception. American Scientist, 82,224-237.

15- **Garner, W.R. (1978)**. Aspects of a stimulus: Features, dimensions and configurations. in E.H. Rosch & B.B. Lloyd (Eds.), Cognition and categorization (PP.99-139). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

16- **Gibson, B.S.(1994).** Visual attention and objects: One Versus two or convex versus concave? Journal of Experimental Psychology: Human perception and performance, 20, 203-207.

17- **Grossberg, S. (1995).** The attentive brain. American Scientist, 83 (5), 438-449.

18- **Grossberg, S., Mingolla, E., & Ross, W.D. (1994)** A neural theory of attentive visual search: Interaction of boundary, surface, spatial, and object representation. Psychological Review, 101,470-489.

19- **Hatfield, G., & Epstein, W. (1985).** The status of minimum principle in the theoretical analysis of visual perception. Psychological Bulletin, 97,155-186.

20- **Intraub, H. (1989).** Illusory conjunctions of forms, objects, and scenes during rapid serial visual search. Journal of Experimental psychology: Learning, Memory, and Cognition, 15,98-109.

21- **Intraub, H., Bender, R.S., & Mangels, J.A. (1992).** Looking at pictures but remembering scenes. Journal of Experimental psychology: Learning, Memory, and Cognition, 18, 180-191.

22- **Julesz, B. (1981).** Textons, the elements of texture perception and their interactions. Nature, 290, 91-97.

23- **Kahneman, D., & Treisman, A. (1984).** Changing views of attention and automaticity In R. Parasuraman & D.R. Davies (Eds.), Varieties of attention. (PP. 29-61). Orlando: Academic press.

24- **Kimchi, R. (1992).** primacy of wholistic processing and global/ local paradigm: Acritical Review. Psychological Bulletin, 112, 24-38.

25- **Kinchla, R.A., & Wolfe, J. (1979).** The order of visual processing : "Top- down" or "middle out". Pereception & Psychophysics, 25, 225-231.

26- **Krueger, L.E. (1992).** The word- superiority effect and phonological recoding. Memory & Cognition, 20 (6), 685-696.

27- **Leyton, M. (1986).** Principles of information common to six levels of the human cognitive system. Information Scientist: 38 (1), 1-120.

28- **Lowe, D. (1987).** Three- dimensional object recognition from single two- dimensional images. Artificial Intelligence, 31, 355-395.

29- **Mack, A., Tang, B., Tuma, R., Kahn, S., & Rock, I. (1992).** Perceptual organization ond attention. Cognitive Psychology, 24, 475-501.

30- **Mundy, J.L., & Zisserman,A. (1992).** Geometric invariance in computer vision. Cambridge, MA:MIT press.

31- **Navon, D., & Norman, J. (1983).** Does global precedence really depend on visual angle? Journal of Experimental psycholgy: Human perception and performance,9, 955-965.

32- **Niall,K.K. (1990).** Projective invariance and picture perception. Perception, 19, 637-660.

33- **Norman, J.F., & Todd, J.T. (1993).** The perceptual analysis of structure from motion for rotating objects undergoing affine stretching transformations. Perception & Psychophysics, 53 (3), 279-291.

34- **Palmer,S. (1996).** Late influnces on perceptual grouping: A modal completion. Psychonomic Bulletin & Review, 3,75-80.

35- **Palmer, S.E. (1992).** Modern theories of Gestalt perception. In G.W. Humphreys (Ed.). Understanding vision: An interdisciplinary perspective (PP. 39-70). Oxford. Blackwell.

36- **Palmer, S.E.(1991).** Goodness, Gestalt, groups, and Garner: Local symmetry subgroups as theory of figural goodness. In G.R. Lockhead & J.R. Pomerantz (Eds.), The perception of structure: Essays in honor of wendell R. Garner (PP.23-39). Washington, DC: American Psychological Association.

37- **Palmer, S.E. (1975).** The effects of contextual scenes on the identification of objects. Memory & Cognition,3, 519-526.

38- **Palmer, S., Rock,I. (1994).** Rethinking perceptual organization: The role of uniform connectedness. Psychonomic Bulletin & Review, I, 29-55.

39- **Pollick, F.E. (1994).** Perceiving shape from profiles. Perception & Psychophysics,55, 152-161.

40- **Prinzmetal, W. (1995).** Visual feature integration in a world of objects. Current Directions in Psychological Science, 4 (3), 90-94.

41- **Prinzmetal,W., Millis-Wright, M. (1984).** Cognitive and linguistic factors affect visual feature integration. Cognitive Psychology, 16, 305-340.

42- **Reicher, G.M. (1969).** Perceptual recognition as a function of meaningfulness of stimulus materials. Journal of Experimental Psychology, 81, 275-280.

43- **Rock, I. (1983).** The logic of perception. Cambridge, MA: MIT Press.

44- **Rock, I., Linnet, C.M., Grant, P., & Mack, A. (1992).** Perception without attention: Results of a new method. Cognitive Psychology, 24, 02-534.

45- **Sanocki, T. (1987).** Visual knowledge underlying letter perception: Font-specific, schematic tuning. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 13, 267-278.

46- **Taylor, I., & Taylor, M.M.(1983)**. The psychology of reading. New York: Academic Press.

47- **Treisman, A. (1986).** Features and objects in visual Processing. Scientific American, 255, 114B- 125.

48- **Treisman, A., & Gelade, G. (1980).** A feature integration theory of attention. Cognitive Psychology,12, 97-136.

49- **Treisman, A., & Sato. (1990).** Conjunction search revisited. journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 16,459-478.

50- **Treisman,A., & Schmidt, H. (1982).** Illusory conjunction in the perception of objects. Cognitive Psychology, 14, 107-141.

51- **Treisman,A., & Souther, J. (1985).** Search asymmetry: A diagnostic for preattentive processing of separable features. Journal of Experimental Psychology: General, 114, 285-310.

52- **Treisman,A.M. (1982).** Perceptual groupings and attention in visual search for features and for objects. Journal of Experimental psychology: Human Perception and Performance, 8, 184-214.

53- **Treisman, A.M., & Gormican, S. (1988).** Feature analysis in early vision: Evidence from search asymmetries. Psychological Review, 95, 15-48.

54- **Tversky,B. (1991).** Distortions in memory for visual display. In S.R. Ellis (Ed.). Pictorial communication in virtual and real environments (PP.61-75). London: Taylor & Francis.

55- **Ullman, S. (1993).** The visual representation of three dimensional objects. In D.E. Meyer& Kornblum (Eds.), Attention and performance XIV: Synergies in experimental psychology, artificial intlligence, and cognitive neuroscience (PP. 79-98). Camblridge, MA:MIT Press.

56- **Weisstein, N.A., & Wong, E. (1986).** Figure ground organization and the spatial and temporal responses of the visual system. In E.C. Schwab & H.C. Nusbaum (Eds.), Pattern recognition by human and machines: Vol. 2. Visual Perception (PP. 31 - 64).

57- **Walfe, J.M. (1994).** Guided search 2.0: A revised model of visual search. Psychonomic Bulletin & Review, 1, 202-238.

58- **Zucker, S. (1987).** Earlyvision. In S. C. Shapiro (Eds.), The encyclopedia of artificial intelligence (PP. 1131 - 1152). NewYork: Wiley.

الفصل الثالث
إدراك الألــــوان

المحتويـات

- خصائص الألوان.
- خلط الألــوان.
- النظريات المفسرة لإدراك الألوان.
- المسارات العصبية لمعلومات الألوان ومناطق معالجتها بالمخ.
- ثـبـات الألـوان.
- مشكلات إدراك الألوان.

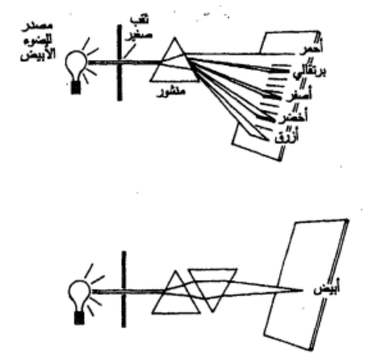
إدراك الألــوان

لقد تبين لنا من مراجعتنا للتراث المتاح أن إدراك الألوان يحظى باهتمام كبير في البحث العلمي لدى الباحثين المهتمين بدراسة الإدراك البصري، ولقد تأكد لدينا هذا الاعتقاد بعد البحث الذي أجريناه على الكمبيوتر والإنترنت عن الأبحاث العلمية التي درست الإدراك البصري في الخمسة والعشرين سنة الماضية حيث وجدنا أن الدراسات التي تناولت إدراك الألوان يفوق عددها عن عدد الدراسات التي تناولت جوانب الإدراك البصري الأخرى مثل الأشكال، والأحجام...إلخ.

ولعل زيادة اهتمام الباحثين بدراسة إدراك الألوان ترجع لما أشار إليه بعض العلماء بأن الجهاز البصري لدى الإنسان يقوم بمعالجة معلومات الألوان بشكل أفضل من معالجته للمعلومات البصرية الأخرى، كما يذكر هؤلاء العلماء أيضاً أن الألوان تساعد الجهاز البصري في التعرف على المنبهات البصرية وتحديد ملامحها، وشكلها، وموقعها...إلخ **(Melara, *et al*, 1993; Haber, 1992; Kuyk, *et al*, 1986)**.

ويعتبر **إسحاق نيوتن** **Isaac Newton** هو أول من فسر لنا كيفية إدراكنا للألوان في العقد السادس من القرن الماضي، فعندما كان يجلس في حجرة مظلمة وجد شعاعاً من ضوء الشمس يدخل إلى الحجرة عبر ثقب صغير جداً في شباكها، وقد آثار هذا المشهد فضوله، فقام بوضع منشور زجاجي أمام هذه الشعاع ووجد أن الضوء الذي يخرج بعد مروره من المنشور ينكسر إلى عدة موجات ضوئية ذات ألوان مختلفة تبدأ باللون الأحمر وتنتهي بالبنفسجي حيث تشبه في ترتيبها الألوان التي نراها في قوس قزح وقد أطلق عليها **نيوتن** ألوان الطيف.

وعندما وضع منشوراً آخر أمام هذه الموجات الضوئية الملونة التى تخرج من المنشور السابق وجد أنها تتجمع مرة أخرى مكونة شعاعاً ذا ضوء أبيض، وعندما أجرى هذه التجربة على ضوء مصباح متوهج كما هو مبين فى الشكل رقم (٢٥) حصل على نفس النتائج، وقد فسر **نيوتن** هذه النتائج بأن الضوء يتكون من عدة موجات ضوئية ملونة مختلفة الأطوال تتجمع معاً حيث يختص كل طول موجى محدد بلون معين **(Hamid & Newport, 1989)**.



شكل (٢٥) يوضح تجارب نيوتن حيث يعمل المنشور المبين فى الشكل الأعلى على فصل الضوء إلى عدة موجات ضوئية بألوان مختلفة تسمى ألوان الطيف بينما يعمل المنشور الثانى المبين فى الشكل الأسفل على تجميع هذه الموجات معاً مرة أخرى ينتج عنها ضوءاً أبيض.

أما العلماء الذين جاءوا بعد ذلك فقد أكدوا على أن الموجات الضوئية المكونة للضوء ليست ملونة، ولكن كل موجة ضوئية ذات طول محدد تثير لدينا إحساساً نفسياً بلون معين، وهذا يعنى أن اللون الذى ندركه ما هو إلا خبرة نفسية تتولد داخلنا عندما نتعرض لموجات ضوئية ذات طول معين وأن إدراك اللون لا يرجع للتأثير المباشر لهذه الموجات الضوئية، وقد دلل هؤلاء العلماء على صحة اعتقادهم هذا بأن الألوان المختلفة تثير لدينا إحساسات نفسية مختلفة أيضاً، فمنها ما يشعر الفرد بالسعادة، ومنها ما يشعره بالكآبة، ومنها ما يشعره بالدفء، ومنها مايشعره بالبرودة، ومنها ما يشعره بالاسترخاء، ومنها ما يشعره بالتوتر والانفعال، ولذلك نجد على سبيل المثال وليس الحصر أن الناس قد شاع بينهم تسمية اللون الأزرق بأنه لون بارد، واللون الأصفر بأنه لون دافئ (Zellner & Kautz, 1990)، ويبين الجدول رقم (١) أطوال الموجات الضوئية بالنانومتر، والإحساس النفسى المرتبط باللون المرتبط بكل طول موجى.

جدول رقم (١) يشير إلى أطوال الموجات الضوئية المكونة للطيف والإحساس النفسى المرتبط بكل طول موجى.

اسم اللون	أطوال موجاته الضوئية بالنانومتر
البنفسجى	٤٥٠ نانومتر
الأزرق	٤٧٠ نانومتر
الأخضر	٥١٠ نانومتر
الأخضر المصفر	٥٦٠ نانومتر
الأصفر	٥٧٥ نانومتر
البرتقالى	٦٠٠ نانومتر
الأحمر	٦٦٠ نانومتر
الأرجوانى	اللون الأرجوانى ليس لوناً طيفياً ولكنه ينتج عن خليط من اللونين الأحمر والأزرق

خصائص الألوان:

يتوقف إحساسنا بالألوان المختلفة على خصائص الضوء المنعكس من سطح الأشياء، ولقد بين ميلارا، وزملاؤه (Melara, *et al*, 1993) أن هناك ثلاثة أبعاد سيكولوجية رئيسية متكاملة ومتفاعلة معا تحد إدراكنا للألوان وهى الصبغة، ودرجة النصوع، والتشبع، ونقدم عرضاً مختصراً لهذه الأبعاد الثلاثة فيما يلى:

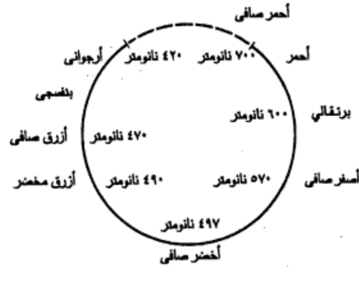
١ - **الصبغة**: إن الصبغة هى رد الفعل النفسى للموجات الضوئية التى تستقبلها شبكية العين من سطح الأشياء، ولقد ذكرنا سابقاً أن الضوء يتكون من مزيج من الموجات الضوئية ذات الأطوال المختلفة، وأن هذه الموجات الضوئية هى التى تثير لدينا إحساسا نفسياً بلون معين، ولكن بقى أن نبين أن الأشياء تبدو لنا ملونة وفقاً لصبغتها، حيث تمتص هذه الصبغة بعضا من الموجات الضوئية التى تسقط عليها وتعكس لنا بعضها الآخر التى حدث لها تشبع. فمثلاً عندما يسقط الضوء على البنطلون الجينز فإن لونه يبدو لنا أزرق لأن صبغته تمتص الموجات الضوئية الطويلة والمتوسطة التى تثير لدينا إحساسا نفسيا باللون الأحمر والبرتقالى والأصفر والأخضر، وتعكس لنا الموجات الضوئية القصيرة التى حدث لصبغتها تشبع حيث تثير لدينا هذه الموجات الضوئية إحساسا باللون الأزرق، أما إذا سقط هذا الضوء على حذاء أسود، فإن صبغته السوداء ستمتص جميع الموجات الضوئية المكونة للضوء التى تسقط عليها ولذلك يبدو لونه أسود، وأما إذا سقط هذا الضوء على قميص أبيض، فإن صبغته ستعكس لنا جميع الموجات الضوئية المكونة للضوء ولذلك سيبدو لونه أبيض (Shepp, 1991; Izmailov, 1995).

ويمكنك تغيير لون الأشياء من خلال تغيير لون الضوء المنعكس منها، فمثلاً إذا سلطت ضوءاً أخضر على شئ برتقالى بدا لك هذا الشئ بلون أخضر، أما إذا سلطت ضوءاً أصفر وضوءاً أحمر على شئ أبيض، فإنه سيبدو لك بلون برتقالى، وإذا نظرت إلى ذلك الشئ ذى اللون البرتقالى من خلال زجاج ذى صبغة حمراء، فإنه سيبدو لك بلون أحمر لأن الزجاج الأحمر سيمنع اللون الأصفر من النفاذ من خلاله، ولكنك إذا نظرت إلى ذلك الشئ البرتقالى اللون من خلال زجاج أزرق بدا لك هذا الشيئ بلون أسود لأن الزجاج الأزرق لا يسمح للونين الأصفر والأحمر بالنفاذ من خلاله **(عبد الحليم محمود وآخرون، ١٩٩٠)** .

ولقد توصل **نيوتن** عام (١٧٠٤) إلى طريقة لتنظيم ألوان الطيف أطلق عليها عجلة الألوان وهى عبارة عن دائرة تم تنظيم ألوان الطيف حول محيطها وفقاً لأطوال الموجات الضوئية التى تثير لدينا الإحساس النفسى بهذه الألوان كما هو موضح فى الشكل رقم (٢٦)، ويلاحظ فى هذا التنظيم أن الألوان المتشابهة تقع بالقرب من بعضها حيث نجد مثلاً أن اللون الأصفر قريب من اللونين الأحمر والأخضر، أما اللونان الأحمر والأخضر فنظراً لأنهما مختلفان نجدهما منفصلين على عجلة الألوان.

أما بالنسبة للجزء المتقطع الذى يقع فى قمة محيط عجلة الألوان المبينة فى الشكل رقم (٢٦) فإنه يمثل الألوان غير الطيفية بمعنى أن هذه الألوان ليست أساسية فى ألوان الطيف، ولكنها تتكون من مزج لونين أو أكثر من ألوان الطيف، فمثلاً اللون الأرجوانى يتكون من مزج اللونين الأحمر والأزرق معاً، وهكذا بالنسبة للألوان الأخرى غير الطيفية مثل البنى، والوردى، والفضى،

والذهبى، والقرنفلى، والموف...إلخ، ولقد أكدت نتائج الدراسات العلمية الحديثة على صحة التنظيم بالطريقة التى اقترحها **نيوتن** على عجلة الألوان (Izmailov, 1995; Shepard, 1993; SHepard & Cooper, 1992; Izmailov & Sokolov, 1991; 1992).



شكل (٢٦) يوضح عجلة الألوان

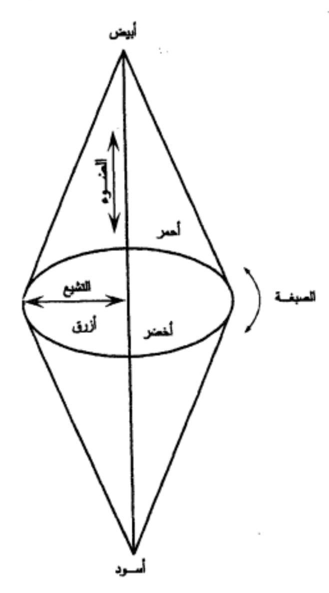
٢ - **درجة النصوع**: تتوقف درجة نصوع الألوان على شدة الضوء الذى تعكسه الأشياء، فقد يبدو غلاف الكتاب الأحمر ناصعاً (فاتحا)، أو داكناً (غامقا) تبعاً لشدة الضوء المنعكس عنه، ولايتوقف نصوع لون الشيء على شدة الضوء المنعكس عنه فقط، بل يتوقف أيضاً على شدة ضوء المكان المحيط به. فاللون المتوسط النصوع يبدو شديد النصوع إذا وضعته على أرضية سوداء، كما أنه يبدو داكناً إذا وضعته على أرضية بيضاء، كذلك يبدو الشيء المتوسط البياض شديد البياض عندما يوضع على أرضية سوداء، فى حين يبدو رمادياً أو أقرب إلى السواد إذا وضعته على أرضية شديدة البياض، وهذا يعنى أن النسبة بين شدة الضوء المنعكس عن الشيءالمرئى، وشدة ضوء المكان المحيط بهذا الشيء هى التى

تحدد درجة نصوع لونه، ويترتب النصوع فى ثلاثة ألوان رئيسية هى الأبيض، والرمادى، والأسود، فإذا اشتد نصوع اللون إقترب من اللون الأبيض، أما إذا قل نصوعه فإنه يقترب من اللون الأسود، وفيما بين الأبيض والأسود درجات عديدة من اللون الرمادى مثل الرمادى الفاتح والرمادى الداكن **(عبد الحليم محمود وآخرون، ١٩٩٠)** .

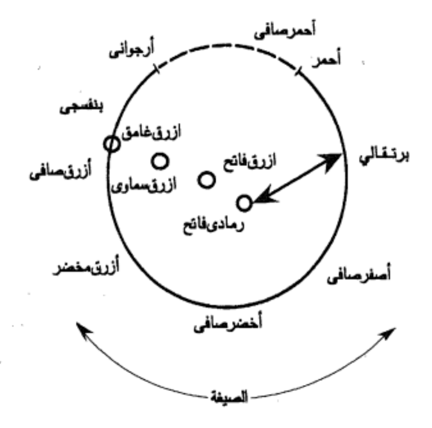
٣ - **تشبع اللون:** تمتاز ألوان الطيف بالنقاء والقوة والعمق أى بالتشبع اللونى، وكل لون من ألوان الطيف ينتج عن موجات ضوئية متشابهة الطول يكون متشبعاً (نقياً)، أما إذا إمتزجت عدة موجات ضوئية مختلفة الطول فإن اللون الناتج عن هذا المزيج يكون أقل تشبعاً (نقاء) من الألوان الأخرى التى تدخل فى تركيبه، وكلما زاد الاختلاف بين الموجات الضوئية الممتزجة كلما قل نقاء اللون الناتج عن هذا المزيج، ولذلك يكون اللون الأبيض غير نقى لأنه ينتج من مزج جميع الموجات الضوئية المكونة للطيف، أما إذا قلت درجة تشبع اللون الطيفى فإن لونه سيصبح قريباً من اللون الرمادى، وهذا يعنى أن اللون الرمادى يكون غير متشبع، وفيما بين لون الطيف واللون الرمادى درجات عديدة من التشبع تعرف بترتيب أو سلم التشبع (النقاء)، ويمكن لأى فرد أن يغير من درجة تشبع أى لون من خلال إضافة اللون الرمادى إليه بالقدر المطلوب **(عبد الحليم محمود وآخرون، المرجع السابق)** .

وعلى أية حال فإن إدراكنا للألوان يتحدد من خلال تكامل أبعاده السيكولوجية الثلاثة السابق الإشارة إليها والتى يتم تمثيلها على المجسم اللونى حيث يمثل وضعه الرأسى درجة نصوع اللون وأعلى درجة نصوع للون تكون عند طرفه العلوى وأقل درجة نصوع تكون عند طرفه السفلى والشكل رقم (٢٧) يوضح ذلك، أما الوضع الأفقى فإنه يمثل درجة تشبع الألوان حيث تقع

الألوان شديدة النقاء عند الحافة الخارجية للمجسم، بينما تقل درجة نقائها كلما اتجه موقعها نحو مركز المجسم كما يبين ذلك الشكل رقم (٢٨).



شكل (٢٧) يبين قطاعاً رأسياً من المجسم اللونى والذى تترتب عليه الألوان وفقاً لدرجة نصوعها حيث تزداد درجة نصوعها عند طرفه العلوى، بينما تقل عند طرفه السفلى.



شكل (٢٨) يبين قطاعا عرضيا فى المجسم اللونى والذى تترتب عليه الألوان وفقاً لدرجة تشبعها حيث تقع الألوان النقية على حافة المجسم بينما يقل نقاؤها كلما اتجه موقعها نحو مركز المجسم.

وهناك بعض الحالات التى يستحيل أن يجتمع فيها النصوع والتشبع معاً مثل اللونين الأبيض والأسود لأنهما ليسا متشبعين، ومع ذلك يمثل اللون الأبيض أشد درجات النصوع، واللون الأسود أقل درجاته لذلك نجد أن المجسم اللونى مدبب عند طرفيه حيث يشير طرفه العلوى إلى اللون الأبيض غير المتشبع، بينما يشير طرفه السفلى إلى اللون الأسود غير المتشبع (Izmailov, 1995; Kuyk, *et al*, 1986).

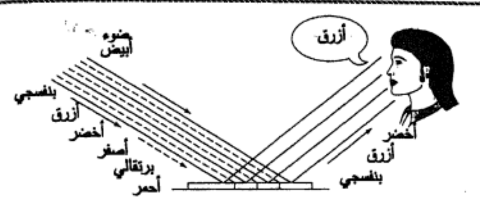
خلـــط الألـــوان :

لقد بينا فى موضع سابق أن الموجات الضوئية المتشابهة فى الطول تثير لدينا إحساساً نفسياً بلون معين، أما إذا تم خلط موجات ضوئية ذات طولين مختلفين فإننا فى هذه الحالة سوف نرى لونا جديداً يتكون من مزج (خلط) الموجات الضوئية المكونة لهذا الخلط، والموجات الضوئية المتشابهة فى الطول السائدة فى هذا الخلط هى التى تحدد اللون الجديد الذى نراه.

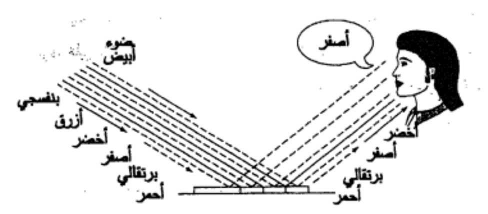
والجدير بالذكر أن حاسة البصر تختلف عن حاستى السمع والتذوق فى طريقة معالجتها للمكونات الدقيقة لمزيج التنبيه حيث نجد أن حاستى السمع والتذوق حاستين تحليليتين لهذا المزيج، فمثلاً إذا كنت تستمع إلى أغنية فإن حاسة السمع تحلل مزيج الأصوات التى تستقبلها ويمكنها التمييز بين صوت الفرد الذى يقوم بالغناء، وصوت الآلات الموسيقية المختلفة التى تصاحب الغناء، بل يمكنها أيضاً أن تميز بين النغمات المختلفة للآلة الموسيقية الواحدة، أما حاسة البصر فإنها حاسة تجميعية بمعنى أنها تقوم بجمع المعلومات المختلفة عن المنبه بدون التمييز بين مكوناتها الدقيقة. فمثلاً إذا كان لدينا لون أصفر نقى ناتج عن موجات ضوئية طولها (٥٧٠) نانومتر، ولون أصفر غير نقى ناتج عن خلط لون أخضر بموجات ضوئية طولها (٥٠٠) نانومتر مع لون أحمر بموجات ضوئية طولها (٦٥٠) نانومتر فإن الجهاز البصرى يعجز عن التمييز بين اللون الأصفر النقى وغير النقى، كما أنه يعجز أيضاً عن تحديد طول الموجات الضوئية التى دخلت فى تكوين اللون الأصفر غير النقى (Shepp, 1991; Ratliff, 1992).

وعلى أية حال هناك طريقتان مختلفتان لخلط الألوان هما: الخلط الطرحى والخلط المضاف، ونظراً لأن هذين النوعين من الخلط كان لهما الفضل فى تطوير نظريات إدراك الألوان، لذلك سنقدم لهما عرضاً مختصراً فيما يلى:

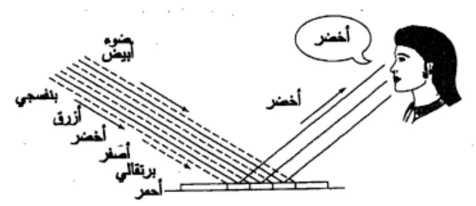
أولاً: الخلط الطرحى: إن طريقة الخلط الطرحى تعنى أننا إذا خلطنا أصباغاً أو دهانات مختلفة، أو وضعنا مرشحات ضوئية معاً وسلطنا عليها شعاعاً من الضوء، فسوف تمتص هذه الأصباغ أو المرشحات بعضا من الموجات الضوئية المكونة لهذا الضوء وتطرح بعضها الآخر. انظر إلى الشكل رقم (٢٩) والذى يحتوى على ثلاثة مشاهد بصرية يسقط فيها الضوء على الصبغة الزرقاء ستجد أن هذه الصبغة قد امتصت الموجات الضوئية للون الأحمر، والبرتقالى، والأصفر ولا تسمح إلا بمرور الموجات الضوئية للون البنفسجي والأزرق والأخضر، أما المشهد البصرى الثانى الذى يسقط فيه الضوء على الصبغة الصفراء فستجد أن هذه الصبغة قد إمتصت الموجات الضوئية للون البنفسجى، والأزرق ولا تسمح إلا بمرور الموجات الضوئية للألوان: الأحمر، والبرتقالى، والأصفر، والأخضر، أما المشهد البصرى الثالث والذى يسقط فيه الضوء على خليط من الصبغتين الزرقاء والصفراء فسوف تلاحظ أن كل صبغة تمتص الموجات الضوئية للألوان الخاصة بها السابق الإشارة إليها، ولذلك لا يسمح هذا الخلط إلا بمرور الموجات الضوئية للون الأخضر، وهذا يعنى أننا عندما نرى شيئا ذات لون أخضر، فإن صبغته تكون قد امتصت الموجات الضوئية المكونة لهذا الضوء ما عدا الموجات الضوئية للون الأخضر حيث يتم طرحها (Ratliff, 1992).



عندما يسقط الضوء على الصبغة الزرقاء فإنها تمتص اللون الأصفر والبرتقالى والأحمر



عندما يسقط الضوء على الصبغة الصفراء فإنها تمتص اللون البنفسجى والأزرق



عندما يسقط الضوء على خليط من الصبغتين الزرقاء والصفراء فإن هذا الخلط يمتص كل من اللون الأصفر والبرتقالى والأحمر والأزرق والبنفسجى

شكل (٢٩) يبين الخلط الطرحى للألوان

ثانياً: الخلط المضاف: إن طريقة الخلط المضاف تعنى إضافة أو مزج موجات ضوئية لموجات ضوئية أخرى وليس لأصباغ كما يحدث فى الخلط الطرحى، والجدير بالذكر أن جميع الموجات الضوئية المكونة لهذا المزيج تصل جميعها إلى المستقبلات الضوئية فى شبكية عيوننا، وهذا عكس ما يحدث فى الخلط الطرحى الذى يتم فيه امتصاص بعض هذه الموجات الضوئية وطرح بعضها الآخر.

وتعتبر عجلة الألوان التى أشرنا إليها سابقاً وسيلة هامة للتنبؤ باللون الناتج عن الخلط المضاف، ويمكنك التنبؤ بأى لون ناتج عن الخلط المضاف من خلال إتباعك للخطوات التالية:

١ - حدد على عجلة الألوان موقع اللونين المراد خلطهما خلطاً مضافاً ثم أوصل بينهما بخط .

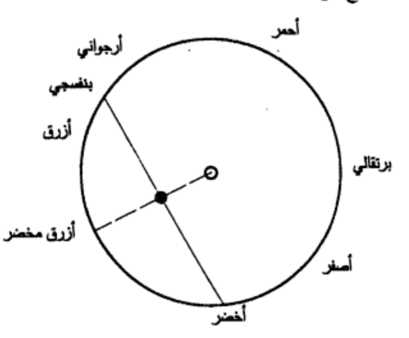
٢ - ضع نقطة على الخط الذى قمت بتوصيله بين موقع اللونين لكى تمثل لك هذه النقطة المقدار النسبى للموجة الضوئية التى تنتج عن الألوان المضافة.

٣ - ارسم خطاً آخر يصل بين مركز الدائرة ومحيطها بحيث يمر بالنقطة التى حددتها على الخط السابق.

٤ - النقطة التى ينتهى عندها الخط الأخير على محيط الدائرة تحدد اسم اللون الناتج عن الخلط المضاف، أما المسافة بين مركز الدائرة والنقطة التى حددتها على الخط الأول فإنها تمثل درجة تشبع اللون (Williamson & Cummins, 1983).

فإذا أردت على سبيل المثال أن تخلط اللونين الأخضر والبنفسجى خلطاً مضافاً بنسب متساوية وأردت أن تتنبأ باللون الناتج عن هذا الخلط على عجلة الألوان، فيجب عليك أن تحدد أولاً موقع هذين اللونين، ولما كنت تريد أن يكون

هذا الخلط بنسب متساوية لذلك يجب أن تضع نقطة فى منتصف المستقيم الذى رسمته بين موقع هذين اللونين، ثم ارسم بعد ذلك مستقيماً آخر يبدأ من مركز الدائرة التى تمثل عجلة الألوان، وينتهى عند محيطها بحيث يمر هذا المستقيم بالنقطة التى حددتها فى منتصف المستقيم السابق، كما هو مبين فى الشكل رقم (٣٠)، والنقطة التى انتهى عندها المستقيم الثانى على محيط الدائرة تحدد اللون الناتج عن هذا الخلط وهو اللون الأزرق المخضر، أما المسافة بين مركز الدائرة والنقطة التى حددتها على المستقيم الأول فإنها تحدد درجة التشبع لهذا اللون الجديد الناتج عن الخلط المضاف (Mollon, 1982).



شكل (٣٠) يبين التنبؤ بالخلط المضاف على عجلة الألوان الناتج عن خلط مقادير متساوية من اللونين الأخضر والبنفسجى.

ونلاحظ مما سبق أن اللونين المكونين للخلط المضاف يكون لهما موقع على محيط الدائرة التى تمثل عجلة الألوان، أما اللون الناتج عن هذا الخلط فإنه

يقع داخل هذه الدائرة ولذلك يكون أقل تشبعاً من الألوان المكونة لهذا الخلط لأن أعلى درجة لتشبع اللون تقع على محيط الدائرة، بينما يقل تشبع اللون كلما إتجه موقعه على عجلة الألوان نحو مركزها حيث يكون اللون الناتج عن الخلط قريباً من الرمادى، أما إذا كان الخلط يتكون من ثلاثة ألوان فإن اللون الناتج يقع فى منتصف المثلث الذى يتكون من توصيل مواقع الألوان الثلاثة على محيط عجلة الألوان (Jameson, 1983).

ونخلص من العرض السابق أن طريقتى الخلط السابق الإشارة إليهما مختلفتان ففى الخلط الطرحى يسقط الضوء على أصباغ أو دهانات حيث تقوم هذه الأصباغ أو الدهانات بامتصاص بعض الموجات الضوئية المكونة للضوء الذى يسقط عليها وطرح بعضها الآخر، أما فى الخلط المضاف فإنه يحدث خلط أو مزج بين الموجات الضوئية المكونة لضوئين مختلفين ، وجميع الموجات الضوئية المكونة لهذين الضوئين تصل إلى عين الفرد.

النظريات المفسرة لإدراك للألوان

هناك نظريتان تفسران كيفية إدراك الألوان لدى الإنسان هما: النظرية ثلاثية الرؤية للألوان، وهى تعالج كيفية تلقى المستقبلات الضوئية فى شبكية العين للموجات الضوئية المكونة للطيف والتى تولد لدينا إحساسا نفسياً بالألوان، ونظرية الخِصْم (بكسر الخاء) وهى تهتم بكيفية التشفير العصبى للألوان، وعلى أية حال إن هاتين النظريتين صحيحتان، ولكن كل منهما تهتم بمراحل مختلفة فى عملية معالجة الألوان فى الجهاز البصرى، ورغم صحة هاتين النظريتين إلا أن تعصب أنصارهما للنظرية التى ينتمى إليها أوجد جدلاً علميا فى السبعينات من القرن الماضى عن كيفية إدراك الألوان كانت محصلته زيادة عدد الأبحاث

العلمية التى أجريت حول هذا الموضوع فى تلك الحقبة الزمنية، وسوف نقدم عرضا مختصراً لهاتين النظريتين فيما يلى:

أولاً: النظرية ثلاثية الرؤية للألوان:

تفترض هذه النظرية أن البشر لديهم ثلاثة أنواع من الخلايا المخروطية المستقبلة للضوء فى شبكية العين، وكل نوع منها حساس لموجات ضوئية محددة فى الطيف حيث تثير لدينا إحساساً نفسياً بلون معين من الألوان الأساسية المكونة للطيف وهى: الأحمر، والأخضر، والأزرق بمعنى أن كل نوع من الخلايا المخروطية الثلاثة يستجيب للموجات الضوئية التى تثير لدينا إحساساً بلون معين من ألوان الطيف الأساسية الثلاثة التى أشرنا إليها.

وعلى الرغم من أن **إسحاق نيوتن** هو الذى وضع أسس هذه النظرية فى القرن السابع عشر، إلا أن الاهتمام بها قد بدأ فى أوائل القرن العشرين حيث حصل أنصار هذه النظرية من نتائج دراساتهم العلمية على أدلة فسيولوجية تؤكد صحة افتراض هذه النظرية الذى سبق الإشارة إليه.

ولقد بين **مولون Mollon فى عام (١٩٨٢)** أن هناك نوعين من أنواع الخلايا المخروطية الثلاثة السابق الإشارة إليها اكتشفها **روشتون Rushton فى عام (١٩٧٠)** بعد إجرائه لعدة تجارب حيث كان يسلط شعاعاً من الضوء على عين المفحوصين، ثم يحسب كمية الضوء التى تنعكس من هذه العين، ومن خلال حساب مقدار الضوء الداخل إلى عين الفرد، والمنعكس عنها استطاع أن يحسب كمية الضوء التى تمتصها الأصباغ الضوئية فى الخلايا المخروطية، وقد بينت نتائج دراسته أن هناك نوعاً واحداً من هذه الخلايا المخروطية يمتص الموجات الضوئية الطويلة الخاصة باللون الأحمر، والنوع الثانى منها يمتص الموجات الضوئية المتوسطة الخاصة باللون الأخضر.

أما النوع الثالث من هذه الخلايا المخروطية فقد اكتشفه **ماركس وزملاؤه** **Marks, *et al*** **فى عام (١٩٦٤)** عندما كانوا يجرون تجربة لقياس كمية الضوء التى تستقبلها الخلايا المخروطية حيث كانوا يقومون فى هذه التجربة بتحليل الضوء إلى موجاته الضوئية المكونة له ثم يشون كل نوع من هذه الموجات الضوئية إلى الخلايا المخروطية فى شبكية العين عبر جهاز خاص أعد لهذا الغرض، وقد بينت نتائج هذه الدراسة أنه بالإضافة إلى النوعين السابقين من الخلايا المخروطية السابق الإشارة إليهما يوجد نوع آخر من هذه الخلايا يستقبل الموجات الضوئية القصيرة الخاصة باللون الأزرق (Mollon, 1982).

وفى عام (١٩٩٣) أجرى كل من **دى فالويس، ودى فالويس** (De Valois & De Valois, 1993) دراسة بينت نتائجها أن أنواع الخلايا المخروطية الثلاثة التى تستقبل الموجات الضوئية الطويلة، والمتوسطة، والقصيرة تتوزع على شبكية العين بنسبة (١:٥:١٠) على التوالى بمعنى أن الخلايا التى تمتص الموجات الضوئية الطويلة يصل عددها فى شبكية العين ضعف الخلايا التى تمتص الموجات الضوئية المتوسطة فى حين يصل عدد الخلايا التى تمتص الموجات الضوئية القصيرة عُشر عدد الخلايا التى تمتص الموجات الضوئية الطويلة.

وعلى أية حال رغم أن نتائج الدراسات العلمية الحديثة بينت أن البشر لديهم أكثر من ثلاثة أنواع من الخلايا المخروطية التى تستقبل معلومات الألوان (Nathan, *et al*, 1992; Neitz, *et al*, 1993)، إلا أن العلماء يؤكدون على أن مدخلات جميع أنواع الخلايا المخروطية تتجمع فى ثلاث قنوات مستقلة تمثل ثلاثة أنظمة مستقلة لرؤية الألوان أحدها خاص باللون الأحمر،

والثانى خاص باللون الأخضر، والثالث خاص باللون الأزرق (Abramov & Gordon, 1994; Mullen, 1990).

ثانياً: نظرية الخصم:

يُعتبر **إيوالد هيرنج** (Ewald Hering 1878 : 1964) هو مؤسس نظرية الخصم (بكسر الخاء) ، حيث كان غير مقتنع بالنظرية الثلاثية لرؤية الألوان لأنه كان يرى أن الألوان الأولية النقية هى الأحمر، والأخضر، والأزرق، والأصفر، وأن أنواع الخلايا المخروطية الثلاثة تستقبل الموجات الضوئية الخاصة بالألوان الأولية الأربعة السابق ذكرها بالإضافة إلى اللونين الأبيض والأسود بحيث يختص كل نوع من هذه الخلايا باستقبال التنبيه الخاص بلونين فقط. فخلايا النوع الأول تستقبل الموجات الضوئية الخاصة باللونين الأبيض والأسود، أما خلايا النوع الثانى فإنها تختص باستقبال الموجات الضوئية الخاصة باللونين الأحمر والأخضر، بينما تختص خلايا النوع الثالث باستقبال الموجات الضوئية الخاصة باللونين الأصفر والأزرق (Fuld, Wooten & Whalen, 1981).

وعندما يستقبل أى نوع من هذه الخلايا الموجات الضوئية الخاصة بلون معين من اللونين الخاصين به فإن خلاياه تنشط وتستجيب لتنبيه هذا اللون، بينما تكف عن الاستجابة للون الثانى الذى يسمى اللون الخصم (بكسر الخاء) لأن **هيرنج** مؤسس هذه النظرية يرى أن الخلايا المخروطية التى تستقبل التنبيه الخاص بلون معين لا يمكن أن تنشط لهذا اللون وتكف عن الاستجابة عنه فى نفس الوقت، بل إن كفها عن الاستجابة يكون للون الآخر الخصم (Quinn, *et al,* 1985).

ولم تلق هذه النظرية قبولاً فى بداية ظهورها، وقد ظل الحال على هذه الشاكلة حتى جاء كل من **هورفيش، جيميسون**(Hurvich & Jameson)

وكتبا مقالاً علمياً فى عام (١٩٥٧م) سمياه (نظرية الخصم لرؤية الألوان) حيث عرضا فى هذا المقال نتائج تجاربهما عن رؤية الألوان والتى بينت أن زيادة التنبيه الخاص بلون معين يجعل الخلايا المخروطية الخاصة بالاستجابة لهذا اللون تنشط وتستجيب لهذا اللون بينما تكف فى نفس الوقت عن الاستجابة للون الخصم (Gouras, 1991).

المسارات العصبية لمعلومات الألوان ومناطق معالجتها بالمخ :

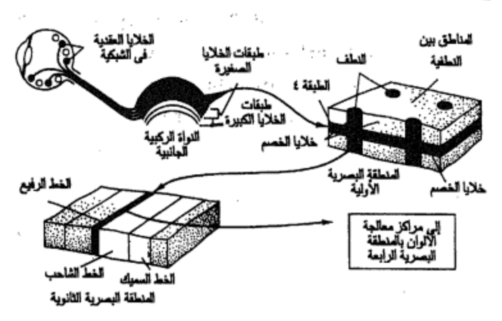
إن المعلومات التى تستقبلها الخلايا المخروطية بأنواعها المختلفة عن الألوان تعد هى الأساس فى عملية إدراكنا للألوان، ولكنها فى نفس الوقت ليست كافية لحدوث هذا الإدراك لأنه يتم من خلال معالجات أخرى فى القشرة المخية لتلك المعلومات، وأول هذه المعالجات يحدث فى النواة الركبية الجانبية حيث يوجد بها خلايا عصبية تختص بإدراك الألوان وهى المسئولة عن عملية الخصم السابق الإشارة إليها (Abramov & Gordon, 1994; Zeki, 1993).

ولقد بينا فى فصل سابق أن خلايا النواة الركبية تتكون من ستة طبقات حيث نجد أن الطبقات الأربعة العلوية خلاياها صغيرة الحجم ولذلك تسمى بالطبقات ذات الخلايا الصغيرة، وهى التى تقوم بعملية الخصم فى رؤية الألوان، أما الطبقتان السفليتان فخلاياهما كبيرة الحجم ولذلك تسمى بالطبقات ذات الخلايا الكبيرة، وتختص كل ثلاث طبقات من هذه الطبقات الستة باستقبال التنبيهات البصرية من عين واحدة حيث تتوزع بالتوالى بين العينين بمعنى أن كل عين يختص بها طبقتان خلاياهما صغيرة الحجم وطبقة أخرى خلاياها كبيرة الحجم (Schiller & Logothetis, 1990).

ومخرجات كل نوع من نوعى الخلايا الركبية تأخذ مساراً مستقلاً إلى القشرة المخية حيث يطلق على مسار مخرجات الخلايا الصغيرة الحجم المسار البصرى الصغير وهو يختص بنقل المعلومات المختلفة عن الألوان، بينما يسمى المسار البصرى لمخرجات الخلايا الكبيرة بالمسار البصرى الكبير وهو يختص بنقل معلومات الشكل والحركة والعمق والنصوع وبعض المعلومات البسيطة عن الألوان **(Shapley, 1990; Lennie, *et al*, 1990; Shapley & Kaplan, 1989; Livingstone & Hubel, 1988)**.

ولقد سمحت التقنيات الفسيولوجية الحديثة بدراسة مسار معلومات الألوان فى القشرة المخية حيث بينت أن هناك مناطق بيضاوية معتمة وغير منتظمة يبلغ قطرها نحو (٢ر٠) ملليمتر تقع بين خلايا المنطقة البصرية الأولية تسمى النطف، وقد وجد العلماء أن المسار البصرى الصغير الذى يحمل معلومات الألوان يتصل بهذه النطف **(Zrennr, *et al*,1990)**،أما المناطق التى تقع بين هذه النطف فإنها تسمى المناطق بين النطفية وهى تتلقى معلوماتها من المسار البصرى الكبير كما أنها أقل استجابة لمعلوات الألوان **;(Tootell, *et al*, 1988)**.

ويظل المساران البصريان لمعلومات الألوان منفصلين عبر المنطقة البصرية الأولية حتى يصلا إلى المنطقة البصرية الثانوية، وهناك ينتهى المساران البصريان فى المنطقة المخططة والتى يوضحها الشكل رقم (٣١) حيث ينتهى المسار البصرى الكبير فى الخطوط العريضة الداكنة، أما المنطقة ذات الخطوط البيضاء السميكة فإنها تتلقى مدخلات من كلا المسارين البصريين الصغير والكبير **(Shapley,1990)**.



شكل (٣١) يبين رسماً توضيحياً للمسارات البصرية التى تبدأ من الخلايا العقدية فى شبكية العين وتنتهى فى مراكز معالجة المعلومات البصرية بالقشرة المخية.

ولقد ذهب فريق من العلماء لما هو أبعد من ذلك حيث ذكروا أن هناك مركزاً لمعالجة معلومات الألوان بالقشرة المخية يقع فى الجزء السفلى من الفص القفوى، ولكن فريقاً آخر من العلماء يشك فى صحة هذا الاعتقاد، ورغم هذا الاختلاف بين العلماء فى التحديد الدقيق لمركز معالجة معلومات الألوان بالقشرة المخية، إلا أنهم يتفقون جميعاً على أن معلومات الألوان تنتقل إلى القشرة المخية عبرمسارين بصريين مستقلين هما المسار البصرى الصغير الذى يختص بنقل معلومات الألوان، والمسار البصرى الكبير الذى يختص بنقل معلومات النصوع وجزء صغير من معلومات الألوان كما بينا ذلك من قبل (**Zrenner, *et al*, 1990**).

العوامل التى تؤثر على إدراك الألوان

هناك عدة عوامل متداخلة ومتفاعلة معاً تؤثر على إدراكنا للألوان وهى: طول الموجات الضوئية المكونة للطيف، وقد أشرنا إليها فى موضع سابق، وشدة الإضاءة ، والعمر، والحالة البدنية للفرد، وتباين الألوان، ونقدم عرضاً مختصراً لهذه العوامل فيما يلى:

١ - شدة الإضاءة: تختلف شدة الضوء تبعاً لشدة طاقته. فشدة الضوء الصادر عن شمعة واحدة تقل كثيراً عن شدة الضوء الصادر عن خمس شمعات، وهذا الضوء الأخير يقل كثيراً فى شدته عن ضوء مصباح كهربائى تبلغ شدته مائة شمعة وكلما زادت شدة الضوء زادت سعة موجاته،كما أن شدة الضوء المنعكس من سطح الأشياء يتناسب مع شدة الضوء الساقط عليها (**عبد الحليم محمود وآخرون، ١٩٩٠**) بمعنى أن زيادة شدة الضوء تؤدى إلى زيادة شدة الضوء المنعكس من سطح الأشياء والذى يؤدى بدوره إلى وضوح الرؤية واستقبال العين للمعلومات المختلفة عن الألوان، أما إذا انخفضت شدة الضوء ضعفت رؤية الأشياء ويصبح من الصعب على عين الفرد تمييز المعلومات المختلفة عن الألوان.

٢- العمر: قد يكون الفرد ذا رؤية طبيعية للألوان، ولكن قدرته على التعرف على الألوان وتمييزها تضعف فى مرحلة الشيخوخة، ويرى العلماء أن ذلك يرجع لسببين. فالسبب الأول هو أن عدسة العين يصفر لونها فى مرحلة الشيخوخة حيث يزداد هذا الاصفرار كلما تقدم المسن فى العمر، ومن ثم تصبح رؤية المسنين للأشياء وكأنهم ينظرون إليها من خلف نافذة زجاجها أصفر اللون (**Mercer, *et al* , 1991**)، وأما السبب الثانى فهو أن الخلايا المخروطية تفقد صبغتها الخاصة باستقبال معلومات الألوان فى مرحلة الشيخوخة حيث تزداد نسبة الفاقد منها كلما تقدم المسن فى العمر (**Kilbride, *et al,* 1986**).

ولقد أكدت نتائج الدراسات العلمية الحديثة أن رؤية الفرد للألوان تضعف في مرحلة الشيخوخة خاصة للون الأزرق، كما أوضحت أيضاً أن الناس لا يشعرون بهذا التغير في انخفاض قدرتهم على رؤية الألوان في هذا العمر لأنه يحدث ببطء شديد، ولكن تأثيره يتراكم ويظهر مع مرور الزمن (Schefrin & Werner, 1990).

٣ - الحالة البدنية للفرد: تؤثر الحالة الصحية للفرد في قدرته على رؤية الألوان خاصة اللون الأزرق حيث بينت نتائج الدراسات العلمية أن ضعف القدرة على رؤية الألوان وتمييزها تنتشر بين الأفراد الذين يتعرضون للسموم ومدمنى الكحوليات، والمصابين بمرض السكر أو الجلوكوما، كما بينت أيضاً أن أعراض ضعف القدرة على تمييز الألوان تزداد لدى الأفراد الذين يجتمع لديهم أكثر من عامل من هذه العوامل سالفة الذكر (Schiller, 194) .

٤ - تباين الألوان: إن تباين الألوان يعنى أن مظهرالألوان يتغير، وهذا بدوره يؤثر على طبيعة إدراكنا للألوان، ومن فحصنا للتراث المتاح وجدنا أن هناك نوعين من تباين الألوان هما: التباين المتزامن، والتباين المتتابع وسوف نعرضهما باختصار فيما يلى:

أ - التباين المتزامن للألوان: إن كلمة المتزامن تعنى الأشياء التى تحدث معاً فى فترة زمنية واحدة، ولذلك يعنى التباين المتزامن للألوان أن اللون يتغير عندما يجتمع فى نفس الوقت مع لون آخر. فإذا سقط ضوء رمادى على خلفية ذات صبغة زرقاء فإن الضوء المنعكس سيبدو بلون أصفر، أما إذا كانت الخلفية بصبغة صفراء فإن الضوء المنعكس سيبدو بلون أزرق، وهذا يعنى أن اللون الذى نراه يتحدد بخصائص المنبهات، وبالألوان الأخرى التى توجد معه فى نفس

المكان. ولقد بينت الدراسات العلمية فى نتائجها أن التباين المتزامن للألوان يحدث فى مناطق معالجة الألوان فى القشرة المخية، ولكن هناك فريق من العلماء يرى أن جزءاً من هذا التباين يحدث فى الخلايا المخروطية فى شبكية العين حيث يكون التباين فى هذه الحالة أقوى إذا عرضت الألوان أمام عين واحدة عنه عند عرضها أمام العينين معاً (**Boynton, 1983**) .

ب - التباين المتتابع للألوان: إن التباين المتتابع للألوان يعنى أن مظهر اللون يتغير بسبب لون آخر عرض قبله، وقد يرجع التباين المتتابع للألوان نتيجة لتعود العين على اللون السابق حيث تقل استجابة الجهاز البصرى لأى لون جديد بعد تحديق الفرد لمدة طويلة فى اللون السابق لأن التحديق المتواصل فى لون محدد يقلل نسبة الأصباغ الضوئية فى الخلايا المخروطية الخاصة بالاستجابة لهذا اللون فى حين تكون نسبة الأصباغ الخاصة بالاستجابة للألوان الأخرى مازالت مرتفعة فيها (**Vimal, *et al*, 1987**) .

وقد يرجع أيضاً للتعود على مستوى عملية الخصم للألوان. فمثلاً إذا نظر فرد مدة طويلة لضوء أزرق ثم حول بصره عنه فجأة فإنه سيرى الأشياء بلون أصفر لأن التحديق المتواصل فى اللون الأزرق يضعف استجابة الجهاز البصرى لهذا اللون بينما يبقى خصمه اللون الأصفر مازال قويا. وعلى أية حال إن الصور البعدية للألوان فى التباين المتتابع تختلف باختلاف اللون الذى ينظر إليه الفرد بعد ذلك، ولقد وجد العلماء أن اللون الأخضر يقلل حدوث هذه الصور البعدية بشكل كبير، لذلك أصبح الأطباء يرتدون ملابس خضراء عند قيامهم بإجراء العمليات الجراحية لأن اللون الأخضر لملابسهم يقلل من تكوين الصور البعدية الناتجة عن تحديقهم مدة طويلة فى موضع الجراحة (**Wichman, 1991**).

ثبات الألوان :

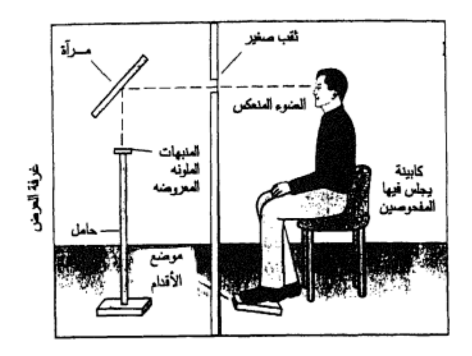
يختلف ثبات الألوان عن تباينها، ولقد ذكرنا في التباين المتزامن، والمتتابع للألوان أن الفرد يرى لوناً آخر يختلف عن اللون الذى تسقط موجاته الضوئية على شبكية العين، أما ثبات الألوان فإنه يعنى أن لون الأشياء يظل ثابتاً رغم التغير الذى قد يحدث في ظروف الإضاءة وفي الموجات الضوئية المنعكسة من سطح هذه الأشياء (Maloney & Wandell, 1986)، ولذلك يمكننا أن نتعرف على اللون الأحمر سواء كنا نراه في ضوء الشمس الساطع، أو في الضوء الفلورسنتي الذى يميل إلى الزرقة أو في ضوء مصباح كهربائي عادى الذى يميل لون إضاءته إلى الأصفرار، وكذلك نرى لون أوراق الشجر أخضر سواء كنا نراه نهاراً في ضوء الشمس الساطع، أو كنا نراه ليلاً في ظروف الإضاءة الكهربائية المختلفة (Maloney, 1993) .

ويذكر بـرو، وزمـلاؤه (Brou, *et al*, 1986) أن كل من إدون، ولاند (Edwin & Land) أجريا دراسة في عام (١٩٧٧) للتأكد من صحة فرضية ثبات الألوان في ظروف الإضاءة المختلفة، ولقد استخدم الباحثان في هذه التجربة ثلاثة أشياء تم تلوينها إما بصبغة حمراء، أو خضراء، أو زرقاء، ثم قام الباحثان بتسليط أضواء مختلفة على هذه الأشياء بحيث تكون الموجات الضوئية المنعكسة من سطح كل منها متماثلة في الطول، وقد بينت النتائج أن أفراد العينة كانوا يسمون هذه الألوان بأسمائها الصحيحة بغض النظر عن الضوء الذى تعرض له كل لون من هذه الألوان الثلاثة وهذا يعنى أن إدراكنا للألوان لا يعتمد فقط على طول الموجات الضوئية التى تصل إلى شبكيات عيوننا، ولكنه يعتمد أيضاً على علاقات الانعكاس في سطح الأشياء الأخرى التى تقع في المشهد البصرى .

فالتغير الذى حدث فى طول الموجات الضوئية المنعكسة من سطح الأشياء الملونة سالفة الذكر نتيجة لاختلاف ظروف الإضاءة قد أدى أيضاً إلى تغير فى طول الموجات الضوئية التى استقبلتها عيون المفحوصين، ورغم ذلك كانوا يسمون هذ الألوان بأسمائها الصحيحة وهذا يعنى أن هذه الألوان قد ظلت ثابتة رغم التغير الذى حدث فى ظروف الإضاءة.

ويفسر **بويتون (Boynton, 1990)** ثبات الألوان رغم تعرضها لإضاءة مختلفة بأنه قد يرجع لما سماه بالتعود اللونى وهو يعنى أن الإضاءة الملونة للمشهد البصرى الذى ينظر إليه الفرد تجعل الخلايا المخروطية التى تستقبل لون الإضاءة تتعود على هذا اللون بعد فترة من تعرضها له، ولذلك يقل تأثير هذا اللون على الألوان الأخرى للأشياء التى توجد فى المشهد البصرى.

وفى محاولة للتعرف على أثر التعود اللونى للضوء على ثبات الألوان أجرى **أوشيكاوا، وزملاؤه (Uchikawa, *et al*, 1989)** دراسة علمية تم فيها فحص أفراد عينة الدراسة بطريقة فردية حيث جهز الباحثون غرفة لعرض الأشياء الملونة كما يوضح ذلك الشكل رقم (٣٢)، وكابينة منفصلة لكى يجلس فيها المفحوص وينظر للمنبهات التى تعرض فى غرفة العرض من خلال ثقب صغير فى تلك الكابينة بحيث لايستطيع التعرف على نوعية الإضاءة فى غرفة العرض. ولقد تمكن الباحثون من خلال تصميمهم لمكان إجراء الدراسة بهذه الطريقة من إضاءة كل من غرفة العرض والكابينة بإضاءة مختلفة ومستقلة حيث كانت أحياناً ضوءاً أحمر فى الكابينة وأبيض فى غرفة العرض، وأحياناً أخرى يحدث العكس، أو يضيئون كلاً من غرفة العرض والكابينة بضوء متشابه إما أحمر، أو أبيض.



شكل (٣٢) يظهررسماً توضيحياً للمكان الذى أجرى فيه أوشيكاوا، وزملاؤه تجربتهم

وقد بينت هذه نتائج الدراسة أن الإضاءة عندما كانت حمراء فى غرفة العرض كان المفحوصون يسمون لون المنبهات بأسماء يدخل فيها اللون الأحمر، ولكن بعد مرور فترة من رؤيتهم المستمرة لنفس هذه المنبهات على نفس الإضاءة فإنهم كانوا يسمون ألوان هذه المنبهات بعد ذلك بأسمائها الصحيحة، وقد فسر الباحثون هذه النتائج بأنه فى حالة إضاءة غرفة العرض بالضوء الأحمر فإن الخلايا المخروطية فى عين المفحوص كانت تستجيب للموجات الضوئية المنعكسة من سطح المنبهات التى توجد فى غرفة العرض، ولكن بعد مرور فترة من تعرض تلك الخلايا لهذا الضوء فإنها تتعود عليه وتضعف استجابتها لموجاته الضوئية ولذلك يرى المفحوص ألوان هذه المنبهات بعد ذلك بألوانها الصحيحة.

ويفسر بعض الباحثين الأخطاء التى يرتكبها المفحوصون فى التسمية الصحيحة للألوان التى يشاهدونها فى ظروف إضاءة ملونة كما حدث فى التجربة السابقة بأ ن ثبات الألوان يتأثر بدرجة بسيطة جداً فى التجارب المعملية التى يتحكم فيها الباحثون فى طول الموجات الضوئية بشكل دقيق (Brainard, et al,1993) ولكن بعد ذلك يستطيعون تسميتها بأسمائها الصحيحة مما يدل على ثبات الألوان رغم تعرضها لإضاءة مختلفة (Jameson& Hurvich, 1989).

مشكلات إدراك الألوان

يختلف الناس فى مدى قدرتهم على رؤية الألوان وتمييزها. فبعضهم لديه رؤية طبيعية للألوان، والبعض الآخر لديه هذه الرؤية متوسطة، وهناك بعضاً آخر تنعدم لديهم الرؤية التامة لجميع الألوان، ولقد عكف العلماء المهتمون بإدراك الألوان على دراسة هذه المشكلات، وقد وجدوا أنها تنحصر فى مشكلتين رئيسيتين هما: عمى الألوان، وعيوب رؤية الألوان، ونقدم عرضا مختصراً لهاتين المشكلتين فيما يلى:

أولاً: عمى الألوان: إن عمى الألوان يعنى الانعدام التام لرؤية جميع الألوان رغم أن الأفراد المصابين به يستطيعون رؤية الأشياء بوضوح ولكنهم يرونها بلون رمادى ذى درجات مختلفة (Zeki, 1993) ، وهذا يعنى أن الأفراد المصابين بعمى الألوان لا يرون الألوان إطلاقاً فيما عدا الأبيض والأسود والرمادى، ولذلك تبدو لهم جميع الألوان وكأنها درجات مختلفة من البياض أو السواد أو الرمادى. أى أنهم يميزون الألوان المختلفة تبعاً لاختلافها فى درجة النصوع فقط حيث يرون اللون الناصع وكأنه أبيض واللون القاتم وكأنه أسود. أما إذا تساوت

الألوان المختلفة فى درجة نصوعها فإنهم لا يستطيعون التمييز بينها بحيث تبدو جميعها إما سوداء أو رمادية على حسب درجة نصوعها (**عبد الحليم محمود وآخرون، ١٩٩٠**).

ولقد بينت نتائج الدراسات العلمية الحديثة أن الخلايا المخروطية التى تستقبل معلومات الألوان لدى الأفراد المصابين بعمى الألوان سليمة تماما وتعمل بشكل جيد (**Zrenner, *et al*, 1990**) ، ولذلك قام بعض العلماء بتتبع مسار المعلومات البصرية من شبكية العين حتى المراكز البصرية فى القشرة المخية وقد وجدوا أن عمى الألوان يرجع لتلف بعض تلافيف القشرة البصرية فى الفص القفوى ولذلك يعتقد هؤلاء العلماء أن هذه التلافيف هى مركز إدراك الألوان فى القشرة البصرية. (**Abramov & Gordon, 1994; Zeki, 1992; 1993**) ، ولكن بعضهم الآخر يشك فى صحة هذا الاعتقاد ويرون أننا مازلنا فى حاجة لمزيد من البحث العلمى لتحديد مراكز إدراك الألوان فى القشرة المخية (**Schiller, 1994**).

ثانياً: عيوب رؤية الألوان: إن عيوب رؤية الألوان ليست مرضاً، ولكنها ترجع لضعف قدرة الخلايا المخروطية على إستقبال بعض الموجات الضوئية المكونة للطيف ولذلك لايستطيع الفرد رؤية الألوان التى تكونها هذه الموجات الضوئية، وبمعنى آخر فإن عيوب رؤية الألوان تعنى أن الفرد يعجز عن رؤية بعض الألوان أما فى عمى الألوان فإن الفرد لا يستطيع رؤية جميع الألوان.

ولقد ظلت الدراسات العلمية حتى أواخر الثمانينات من القرن الماضى تتناول عيوب رؤية الألوان على أنها فرع من عمى الألوان (عمى جزئى للألوان)، ولكن الدراسات الحديثة التى أجريت بعد تلك الحقبة الزمنية بينت أن

هناك خطأ في هذه التسمية لأن الأفراد الذين يعانون من عمى الألوان لا يستطيعون رؤية جميع الألوان، أما الأفراد الذين لديهم عيوب فى رؤية الألوان فإنهم يستطيعون رؤية بعض هذه الألوان ولذلك طالبت هذه الدراسات بأننا يجب أن نتعامل مع عمى الألوان، وعيوب رؤية الألوان كنوعين مختلفين ومستقلين وليس كنوع واحد ، ولقد اقتنع العلماء المعاصرون بهذا الرأى لذلك أشاروا فى دراساتهم العلمية للأفراد الذين لا يستطيعون رؤية جميع الألوان بأنهم يعانون من عمى الألوان، بينما أشاروا إلى الأفراد الذين لا يستطيعون رؤية بعض الألوان بأنهم يعانون من عيوب فى رؤية بعض الألوان، كما بينت نتائج هذه الدراسات أن معدل انتشار عيوب رؤية الألوان يرتفع بين الذكور عن الإناث حيث يصل إلى (٨ر٠٪) لدى الذكور مقابل (٠٤ر٠٪) لدى الإناث بمعنى أن معدل انتشاره بين الجنسين هو (٢٠) للذكور مقابل (١) للإناث **(Birch, 1993)** .

أنواع عيوب رؤية الألوان

إن رؤية الفرد للألوان تستلزم أن يرى بوضوح ثلاثة ألوان رئيسية هي: الأحمر، والأخضر، والأزرق، أما الأفراد الذين لا يستطيعون رؤية لون واحد أو أكثر من هذه الألوان فإنهم يشخصون طبياً بأنهم يعانون من عيوب فى رؤية الألوان **(Hunt, *et al,* 1995)** ، وتنقسم عيوب رؤية الألوان إلى نوعين رئيسيين هما: العيوب أحادية الرؤية للألوان، والعيوب ثنائية الرؤية للألوان، ونقدم عرضاً مختصراً لهذين النوعين فيما يلى:

١ - العيوب أحادية الرؤية للألوان: إن الأفراد الذين يعانون من هذا النوع من عيوب رؤية الألوان لديهم نوع واحد فقط من أنواع الخلايا المخروطية الثلاثة سالفة الذكر هو الذى يعمل حيث تستجيب خلاياه لتنبيه نوع واحد فقط من الموجات الضوئية التى تستجيب لها خلايا هذا النوع من المخاريط، أما اللون

الثانى الخاص بهذا النوع من الخاريط فإنه يمثل اللون الخصم حيث تكف خلايا هذا النوع من الخاريط عن الاستجابة للون الخصم فى الوقت الذى تستجيب فيه للون السابق، أما النوعان الآخران من الخلايا المخروطية فإنهما لا يستجيبان لتنبيهات الألوان. والأفراد الذين يعانون من هذا النوع من عيوب رؤية الألوان يستطيعون رؤية الأشياء فى الضوء الشديد والضعيف، ولكنهم يرون جميع هذه الأشياء بلون واحد لأن الخلايا المخروطية فى النوع الذى يعمل لا تستجيب للونين الذين تختص بهما معاً وفى آن واحد، ولكنها تستجيب للموجات الضوئية الخاصة بلون واحد فقط بينما تكف عن الاستجابة للون الثانى الخصم، ولذلك يرى هؤلاء الأفراد جميع الأشياء بلون واحد، ومن هنا جاءت تسميتهم بأنهم أحاديو الرؤية للألوان (Birch, 1993).

٢ - **العيوب ثنائية الرؤية للألوان:** إن الأفراد الذين يعانون من هذا النوع من عيوب رؤية الألوان لديهم نوعان فقط من أنواع الخلايا المخروطية الثلاثة هما اللذان يستجيبان لتنبيهات الألوان، أما النوع الثالث من هذه الخلايا فإنه لا يعمل، وهؤلاء الأفراد يستطيعون رؤية بعض الألوان، ولكن رؤيتهم لها لا تكون مثل رؤية الأفراد الأسوياء لهذه الألوان لأن الأفراد الذين يعانون من هذا النوع من عيوب رؤية الألوان يرون جميع الأشياء بلونين فقط، أو بمزيج من هذين اللونين ولذلك يطلق عليهم بأنهم ثنائيو الرؤية للألوان.

وتنقسم عيوب الرؤية الثنائية للألوان لثلاثة أنواع فرعية وفقاً لنوع الخلايا المخروطية التى لاتستجيب لتنبيهات الألوان. فإذاكان العيب فى الخلايا المخروطية التى تستجيب لتنبيه اللون الأحمر فإن هذا يعنى أن هذه الخلايا ليست حساسة للموجات الضوئية الطويلة التى تجعلنا نرى اللون الأحمر، والأفراد المصابين بهذا

النوع من العيوب يخطئون دائماً في التميز بين اللونين الأحمر، والأخضر، فالفرد الذى يعانى من هذا العيب إذا عرض عليه لونان أحدهما أحمر والآخر أخضر، وكان اللون الأحمر أكثر نصوعاً من اللون الأخضر فإنه سوف يخطىء في تمييزهما حيث يرى اللون الأحمر على أنه أخضر، ويطلق العلماء على الأفراد الذين يعانون من هذا النوع من عيوب الرؤية الثنائية للألوان بأنهم يعانون من عمى اللون الأول **(Paramei, *et al*, 1991)**.

أما إذاكان العيب في الخلايا المخروطية التى تستجيب لتنبيه اللون الأخضر فإن الفرد الذى لديه هذا العيب سوف يرى اللون الأخضر على أنه أحمر، ويطلق العلماء على الأفراد الذين لديهم هذا النوع من عيوب الرؤية الثنائية للألوان بأنهم يعانون من عمى اللون الثانى، أما إذا كان العيب في الخلايا المخروطية التى تستجيب لتنبيه اللون الأزرق فإن الأفراد الذين يعانون من هذا النوع من عيوب رؤية الألوان لن يستطيعوا رؤية الألوان الزرقاء والصفراء حيث يرون اللون الأزرق على أنه أحمر، كما يرون اللون الأصفر على أنه أخضر، ويطلق العلماء على الأفراد الذين يعانون من هذا النوع من عيوب رؤية الألوان بأنهم يعانون من عمى اللون الثالث، ونسبة انتشار هذا النوع الأخير من عيوب رؤية الألوان بين الناس قليلة جداً حيث يصاب بها نحو (٠٠٥ر٠٪) من سكان أى مجتمع بمعنى أنها تصيب فرداً واحداً من بين (٢٠٠٠٠) فرد من أفراد المجتمع **(Hunt, *et al*, 1995, Carlson, 1991)**.

المراجـــع

أولا: المراجع العربية

١- عبد الحليم محمود ، وآخرون (١٩٩٠). علم النفس العـام ، الطبعـة الثالثـة، مكتبة غريب بالقاهرة .

2- **Abramov, I., & Gordon, J. (1994).** Color appearance: on seeing red- or yellow, or green, or blue. Annual Review of Psychology, 45, 451 - 485.

3- **Birch, J. (1993).** Diagnosis of defective colour vision. Oxford University Press.

4- **Boynton, R.M. (1990).** Human color perception In K.N. Leibovic (Ed.), Science of vision (PP.211-253). NewYork: Springer-Verlag.

5- **Boynton, R.M. (1983).** Mechanisms of chromatic discrimination. In J.D. Mollon & L.T. Sharpe (Eds.), colour vision (PP.409-423). London : Acodemic Press.

6- **Brainard, D.H., Wandell, B.A., & Chichilnisky, E.J. (1993).** Color constancy: From Physics to appearance . Current Directions in Psychological Science, 2, 165-170

7- **Brou, P., Sciascia, T.R., Linden, L., & Lettvin, J.Y. (1986).** The colors of things. Scientific American, 255 (3), 84-91.

8- **Carlson, N.R. (1991).** Physiology of behavior (4th ed). Newton, MA: Allyn & Bacon.

9- **De Valois, R.L., & De Valois, K.K. (1993).** Amultistage color model. Vision Research, 33, 1053-1065.

10- **Fuld, K., Wooten, B.R., & Whalen, J.J. (1981).** The elemental hues of short-wove and extraspectral lights. Perception & Psychophysics, 29, 317-322.

11- **Gouras, P. (1991).** Precortical physiology of colour vision. In P. Gouras (Eds.), The perception of colour (PP. 163-178). Boca Raton, Fl: CRC press.

12- **Haber, R.N. (1992).** Perception: A one-hundred-year perspective. In S. Koch & D.E. Leary (Eds.), Acentury of psychology as science (PP.250-281). Washington, DC: American psychological Association.

13- **Hamid, P.N., & Newport, A.G. (1989).** Effect of colour on physical. strength and mood in children. Perceptual and Motor skills, 69, 179-185.

14- **Hunt, D.M., Dulai, K.S., Bowmaker, J.K., & Mollon, J.D. (1995).** The chemistry of John Dalton's color blindness. Science, 267, 984-988.

15- **Izmailov, C. (1995).** Spherical model of discrimination of self-luminous and surface colors. In R.D. Luce, M. D'zmura, D. Hoffman, G.J. Iverson, & A.K. Romney (Eds.), Geometric representations of perceptual phenomena: Papers in honer of Tarow indow on his 70 the birthday (PP.153-167). Mahwah, NJ: Erlboum.

16- **Izmailov, C.A., & Sokolov, E.N. (1992).** Asemantic space of color names. Psychological Science, 3,105-110.

17- **Izmailov, C.A., & Sokolov, E.N. (1991).** Spherical model of color and brightness discrimination. Psychological Science, 2,249-259.

18- **Jameson, D. (1983).** Some misunderstanding about color perception, color mixture and color measurement. Leonardo, 16, 41-42.

19- **Jameson, D., & Hurvich, L.M. (1989).** Essay concerning color constancy. Anual Review of Psychology, 40,1-22.

20- **Kilbride, P.E., Hutman, L.P., Fishman, M., & Read, J.S. (1986).** Foveal cone pigment density difference in the aging human eye. Vision Research, 26,321-325.

21- **Kuyk, T.,Veres, J.G., III, Lahey, M.A., & Clark, D.J. (1986).** The ability of protan color defectives to perform color dependent air traffic control tasks. American Journal of Optometry and Physiological Optics, 63, 582-586.

22- **Lennie, P., Trevarthen, C., Van Essen, D., & Waessle, H. (1990).** Parallel processing of visual information. In L. Spillman & J.S. Werner (Eds.), Visual perception: The neurophysiological foundations (PP.103-128). Orlando: Academic Press.

23- **Livingstone, M.S., & Hubel, D.H. (1988).** Segregation of form color, movement and depth: Anatomy , physiology, and perception. Science, 240, 740-749.

24- **Maloney, L.T. (1993).** Color constancy and color perception: the Linear- models framework. In D.E. Meyer & S.Kornblum (Eds.), Attention and performance XIV: Synergies in experimental psychology, artificial intelligence, and cognitive neuroscience (PP.59-78). Cambridge, MA: MIT press.

25- **Maloney, L.T. & Wandell, B.A. (1986).** Color constancy : A method for recovering surface spectral reflectance . Journal of the Optical Society of America (A), 3,29-33.

26- **Melara, R.D., Marks, L.E., Potts, B.C. (1993).** Primacy of dimensions in color perception. Journal of Experimental Psychology: Human perception and Performance, 19 (5), 1082-1104.

27- **Mercer, M.E., Courage, M.L., & Adams, R.J. (1991).** Contrast / Color procedure : Anew test of young infants, color vision. Optometry and Vision Science, 68, 522-532

28- **Mollon, J.D. (1982).** Colour vision and colour blindness. In H.B. Barlow & J.D. Mollon (Eds.), The Senses (PP.165-191). Cambridge: University Press.

29- **Mullen, K.T. (1990).** The chromatic coding of space. In C.Blakemore, (Ed.), Vision: Coding and Efficiency (PP.150-158). New york: Cambridge University Press.

30- **Neitz, J., Neitz, M., & Jacobs, G.H. (1993).** More than three different cone pigments among people with normal color vision. Vision Research, 33, 117-122.

31- **Nthans, J., Merbs, S.L., Sung, C.-H., Weitz, C.J., & Wang, Y. (1992).** Molecular genetics of human visual pigments. Annual Review of Genetics, 26, 403-424.

32- **Paramei, G.V., Izmailov, C.A., & Sokolov, E.N. (1991).** Multidimensional scaling of Large chromatic differences by normal and color-deficient subjects. Psychological Science, 2, 244-248.

33- **Quinn, P.C., Wooten, B.R., Ludman, E.J. (1985).** Achromatic color categories. Perception & Psychophysics, 37, 198-204.

34- **Ratliff, F. (1992).** paul signac and color in Neo - Impressionism. New york: Rockefeller University Press.

35- **Schefrin, B.E., & Werner, J.S. (1990).** Loci of spectral unique hues throughout the life span. Journal of the Optical Society of America A, 7, 305-311.

36- **Schiller, P.H. (1994).** Area V4 of the primate visual cortex. Current Directions in Psychological Science, 3, 89-92.

37- **Schiller, P.H., & Logothetis, N.K. (1990).** the color opponent and broad-band channels of the primate visual system. Trends in Neurosciences, 13, 392-398.

38- **Shapley, R. (1990).** Visual sensitivity and parallel retinocortical channels. Annual Review of psychology, 41, 635-658.

39- **Shapley, R., & Kaplan, E. (1989).** Responses of magnocellular LGN neurons and M retinal ganglion cells to drifting heterochromatic gratings. Investigative ophthalmology and Visual Science, 30 (Suppi.), 323.

40- **Shepard, R.N. (1993).** On the physical basis, Linguistic representation and conscious experience of colors. In G. Harman (Ed.), Conceptions of the human mind : Essays in honor of George A.Miller (PP.217-245). Hillsdale, NJ: Erlboum.

41- **Shepard, R.N., & Cooper, L.A. (1992).** Representation of colors in the blind, color blind, and normally sighted. Psychological Science, 3, 97-104.

42- **Shepp, E. (1991).** Perception of color: Acomparison of alternative structural organizations. In G.R.Lockhead & J.R.Pomerantz (Eds.), The perception of structure: Essays in honor of wendell R. Garner (PP.183-194). Washington, DC:American Psychological Association.

43- **Tootell, R.B.H., Silverman, M.S., Hamilton, S.L., De Valois, R.L., & Switkes, E. (1988).** Functional anatomy of the macaque striate cortex : III . Color. Journal of Neuroscience, 8, 1569-1593.

44- **Uchikawa, K., Uchikawa, H., & Boynton, R.M. (1989).** Partial color constancy of isolated surface colors examined by a color-naming method.perception, 18, 83-91.

45- **Vimal, R.L.P., Pokorny, J., & Smith, V.C. (1987).** Appearance of steadily viewed lights. Vision Research, 27, 1309-1318.

46- **Wichman, H. (1991).** Color vision (NLA News, Vol. 8, No.4). Clarmont, CA: Clarmont Mc Kenna College.

47- **Williamson, S.J., & Cummins, H.Z. (1983)** Light and color in nature and ort . NewYork: Wiley.

48- **Zeki, S. (1993).** A vision of the brain. Oxford : Blackwell.

49- **Zeki, S. (1992).** The visual image in mind and brain. Scientific American, 267 (3), 69-76.

50- **Zellner, D.A.,& Kautz, M.A. (1990).** Color affects perceived odor intensity. Journal of Experimental psychology: Human Perception and Performance, 16,391-397.

51- **Zrenner, E.,Abramov, I., Akita, M., Cowey, A., Livingstone, M., & Valberg, A. (1990).** Color perception : Retina to cortex. In L. Spillman & J. Werner (Eds.), Visual perception: The neurophysiological foundations. NewYork : Academic Press.



الفصل الرابع

إدراك المسافة والعمق

(البعد الثالث)

المحتويات

- مصادر معلومات المسافة والعمق.
- العوامل التي تؤثر على إدراك العمق من الحركة.
- النظريات المفسرة لإدراك المسافة والعمق.

إدراك المسافة والعمق (البعد الثالث)

يعد إدراك العمق البصرى والمسافة (البعد الثالث) من أنواع الإدراك الحسى التى تقوم على الأبعاد الفيزيقية الأساسية التى توفرها لنا البيئة الطبيعية. فنحن نعيش فى عالم مكون من ثلاثة أبعاد أساسية هى: الطول، والعرض، والعمق. فالطول هو امتداد الجسم أعلى وأسفل، أما العرض فهو إمتداده يميناً ويساراً، وأما العمق فهو امتداده أماماً وخلفاً، والمسافة نوع من العمق حيث تختلف مسافة الشىء عنك باختلاف وضع هذاالشىء أماما وخلفاً **(عبد الحليم محمود وآخرون، ١٩٩٠)**.

وعندما تتلقى العين مدخلاتها البصرية من المشهد البصرى فإنها تكون على الشبكية صوراً ثنائية الأبعاد للأشياء المرئية لأن العين لا تستطيع تشفير المعلومات البصرية إلابطريقة ثنائية الأبعاد هما الطول والعرض، ونظرا لأن الجهاز البصرى لدى الإنسان متطور جداً، لذلك فإنه يوفر لنا إحساساً بالعمق من المدخلات البصرية التى تتلقاها العين، ولذلك فإننا نرى الأشياء فى البيئة المحطية بنا مجسمة لها مسافة وعمق **(Anderson & Nakayama, 1994)** .

ولقد اعتاد الناس على تحديد العلاقات المكانية للأشياء من خلال المصطلحات الهندسية، ولذلك فإنهم يدركون الفراغ الداخلى للحيز الإدراكى (العمق) من خلال علاقات المسافة بين حواف الشىء المرئى **(Foley, 1991,A)** ،وحتى يكون الشكل المدرك مطابقاً للشكل المادى الحقيقى يجب أن تتساوى فى كل منهما الأطوال والزوايا للأسطح المتناظرة، كما يجب أن تكون هذه الأسطح متطابقة أيضاً فى الموقع والميل والإتجاه، أما بالنسبة لإدراك العمق فإنه لايتطابق أبداً مع العمق الحقيقى حيث تلعب الخدع الإدراكية

دوراً كبيراً فى إدراكنا للعمق لذلك يكون العمق المدرك أقل من العمق الحقيقى للأشياء (**Titlle, *et al*, 1995**).

وتلعب المسافة دوراً هاماً فى إدراكنا لكل من الطول الظاهرى (العرض والإرتفاع) والعمق، وهذا ما أكدته نتائج الدراسات العلمية التى أجريت فى هذا المجال. فقد بينت نتائج بعضها أن الأشياء التى تقع على مسافة بعيدة من الفرد الرائى يبدو طولها (العرض والارتفاع) المدرك أكبر قليلاً من طولها الحقيقى (**Johnston, 1991**)، أما عمقها المدرك فإنه يبدو أقل من العمق الحقيقى حيث يستمر النقصان فى العمق المدرك كلما بعد موقع الشىء عن الرائى (**Loomis, *et al*, 1992; Titlle, *et al*, 1995**).

ونخلص مما سبق أن إدراكنا للبعد الثالث يعود على إدراكنا لعلاقات المسافة بين الأشياء التى تقع فى المشهد البصرى، ومن مراجعتنا للتراث المتاح وجدنا أن هناك ثلاثة أنواع من علاقات المسافة التى ندرك من خلالها البعد الثالث. فالنوع الأول منها هو المسافة المتركزة حول الذات وهى تعنى المسافة التى تقع بين الفرد وموقع منبه واحد فى الفراغ المحيط به. فإذا ذهبت مثلاً إلى الإستاد لمشاهدة مباراة كرة قدم، وأردت أن تقدر المسافة التى تقع بينك وبين موقع كرة قدم ثابتة وسط الملعب فإنك حينئذ تقدر المسافة المتركزة حول الذات والتى يطلق عليها أيضاً تقدير المسافة المطلقة. أما النوع الثانى فهو تقدير المسافة النسبية وهى تعنى المسافة التى تقع بين الرائى، وموقع منبه معين يوجد مع منبهات أخرى فى المشهد البصرى. فمثلاً إذا كان المكتب الذى أمامك يوجد عليه قلم وكتاب ومسطرة، وأردت أن تحدد أيهم أقرب إليك فإنك فى هذه الحالة تقدر المسافة النسبية، وأما النوع الثالث والأخير فهو تقدير العمق (**He &Nakayama,1994**).

مصادر معلومات المسافة والعمق

تتلقى العين معلوماتها عن الأشياء من المشهد البصرى، ثم يقوم الجهاز البصرى بعد ذلك بتحديد بعض هذه المعلومات التى تشير إلى المسافة والعمق. أى أن إدراكنا للمسافة والعمق يتطلب من الجهاز البصرى تحديد معلومات محددة من فيض المعلومات البصرية التى تتلقاها العين، وهذه المعلومات التى تشير للمسافة والعمق يطلق عليها الإشارات البصرية للمسافة والعمق حيث يسترشد بها الجهاز البصرى كهاديات للمسافة والعمق، وهذه الإشارات البصرية رغم أنها خصائص للمنبه البصرى إلا أنها تعمل معاً على تشكيل استجاباتنا الإدراكية ، وتنقسم هذه الإشارات البصرية إلى نوعين رئيسين هما: الإشارات الطبيعية والإشارات الفسيولوجية ، ويندرج تحت كل منهما عدد من الإشارات الفرعية التى تنتمى إلى النوع الذى تندرج تحته، ونقدم عرضاً مختصراً لهذه الإشارات فيما يلى:

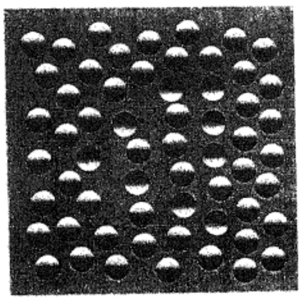
أولاً : الإشارات الطبيعية

إن الإشارات الطبيعية تعنى إشارات المسافة والعمق التى توجد فى المشهد البصرى سواء كانت هذه الإشارات فى البيئة الطبيعية، أو فى صور فوتوغرافية، أو فى لوحات مرسومة...إلخ، وهذه الإشارات كما يلى:

١ - **إشارات الضوء والظلال:** إن توزيع الظلال فى المشهد البصرى الناتجة عن سقوط الضوء على الأشياء تستخدم كهاديات لإدراك العمق والارتفاع. ففى الحفر والخنادق يبدو الضوء أسفل والظل أعلى، وإذا كان الضوء مائلاً مثل ضوء الشمس أثناء الصباح أو بعد العصر فإن الأشياء البارزة تميل إلى الناحية المقابلة للشمس، بينما يقع ظل الأشياء المجوفة جهة الشمس. أما القمم والجبال فإن الضوء الذى يقع عليها يجعلها تبدو على شكل نتوءات أو بروزات مضيئة من جهة الشمس، ومظلمة من الجهة الأخرى المقابلة (**عبد الحليم محمود، وآخرون،**

١٩٩٠) ، وعلى أية حال إن الإضاءة فى معظم مواقف الحياة تأتى من أعلى، أما المواقف التى يتغير فيها موقع مصدر الإضاءة مثل تلك التى توجد فى المسارح فإن نمط التظليل سيختلف باختلاف الموقع الذى تنبعث منه الإضاءة، وهذه المواقف تتطلب من الفرد أن يعرف جيداً الموقع الذى تنبعث منه الإضاءة لكى يكون إدراكه للبعد الثالث صحيحاً ودقيقاً (Cohen, 1992).

وعندما يسقط ضوء مباشر على شيء ما، فإن الظل الذى يحدثه هذا الضوء يسمى الظل الملحق لأنه يحدد شكل هذا الشيء، أما إذا كان هناك شيء آخر يعترض مصدر الإضاءة فإن الظل الذى يتكون للشيء الأول يسمى ظلاً مسقطاً، وعلى أية حال إن الأجزاء المضيئة فى الأشياء تدرك على أنها أقرب لمصدر الإضاءة، أما الأجزاء المظللة فإنها تدرك على أنها بعيدة عنها، فإذا رأيت شيئاً ما جزء منه مضيء، وجزء آخر مظلل، فإن الظلال سترشدك للبعد الثالث فى هذا الشيء والشكل (٣٣) يبين إشارات الضوء والظلال (Cavanagh &Leclerc, 1989; Reichel & Todd, 1990).



شكل (٣٣) يبين نموذج من إشارات الضوء والظلال.

٢ - **إشارات الحجب والإعتراض:** تستخدم إشارات الحجب والاعتراض لإدراك المسافة التى تبعد بها الأشياء عن الرائى. فنظراً لأن معظم الأشياء التى توجد فى البيئة المحيطة بنا ليست شفافة لذلك فإن الضوء المنعكس من سطح الأشياء البعيدة لا يمكن أن يمر عبر الأشياء القريبة غير الشفافة التى تقع بين الشىء البعيد والرائى بمعنى أن الشىء القريب سيعوق الأشعة الضوئية المنعكسة من سطح الشىء البعيد ويمنعها من الوصول لعينى الرائى، أى أن الشىء القريب سوف يحجب الشىء البعيد عن الرؤية، ولذلك فإننا نحكم على الأشياء التى تختفى كلها أو جزء منها خلف شىء آخر بأنها بعيدة، أما الشىء الذى تحجب خلفه هذه الأشياء فإننا نحكم عليه بأنه أقرب إلينا من الأشياء المحجوبة جزئياً أو كلياً.

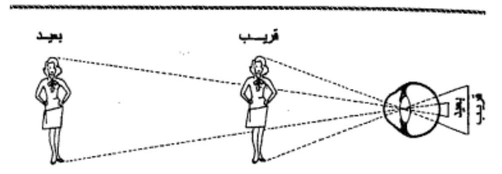
فإذا شاهدت مثلاً كتاباً فوق مكتبك الذى تستذكر دروسك عليه فإن هذا يعنى أن الكتاب أقرب إليك من ذلك الجزء من سطح المكتب الذى يحجبه الكتاب عن الرؤية، ونموذج الإعتراض الذى أشرنا إليه فى هذا المثال هو إشارة للمسافة النسبية فقط بمعنى أنه يوضح أن الكتاب أقرب إليك من الجزء الذى يختفى خلفه من سطح المكتب، ولكنه لا يشير إلى المسافة المطلقة لأنه لا يوضح أيهما أقرب إليك الكتاب، أم سطح المكتب؟ (He & Nakayama, 1994; Anderson & Nakayama, 1994).

ولقد أشار بعض الباحثين فى نتائج دراساتهم العلمية إلى أن الحجب الجزئى للأشياء لا يؤثر على إدراكنا لشكل الشىء البعيد لأن جهازنا البصرى يقوم تلقائياً بملئ الفراغات وتكميل الأجزاء المحجوبة وقد دلل هؤلاء الباحثون على صحة رأيهم هذا بأن أفراد عينات دراساتهم كانوا يستجيبون للأشكال الظاهرة والمحجوبة (القريبة والبعيدة) بنفس السرعة، وأنهم لم يخطئوا فى التعرف على

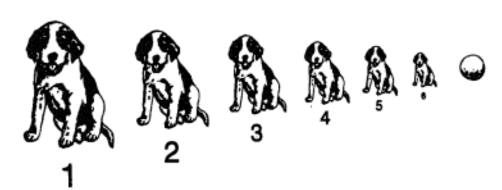
الأشكال المحجوبة بل كانوا يسمونها بأسمائها الصحيحة (Nakayama, *et al*, 1989; Sekuler & Palmer, 1992).

٢ - **إشارات الأحجام** إننا نحكم على بعد الأشياء عنا من خلال أحجامها خاصة إذاكنا نعرف الحجم الحقيقى لهذه الأشياء حيث نجد أن حجم هذه الأشياء يصغر كلما بعد موقعها عنا. فإذا شاهدت شيئين متماثلين تعرف حجمها الحقيقى وكان حجم أحدهما فى المشهد البصرى أصغر من حجم الآخر فإنك ستدرك أن الشيء ذا الحجم الصغير أبعد من الشيء الآخر ذى الحجم الكبير. ولما كانت العين تكوّن صورة على الشبكية للأشياء التى تراها. لذلك استخدم العلماء فى تجاربهم حجم الصور المتكونة على شبكية العين للحكم على بعد الأشياء عن الرائى (Sedgwick, 1986).

انظر مثلاً إلى الشكل رقم (٣٤) ستجد أنه يحتوى على صورتين لسيدتين متشابهتين فى الطول ولكن إحداهن كانت قريبة من الرائى لذلك تكونت لها صورة كبيرة الحجم على شبكية عينه، أما الأخرى فقد كانت بعيدة عنه لذلك تكونت لها صورة صغيرة الحجم على شبكية عينه لأن السيدة البعيدة نظراً لبعد موقعها عن الرائى بدت له على أنها أصغر حجماً من السيدة الأخرى ولذلك تكونت لها صورة صغيرة الحجم على شبكية عينه، وإذا نظرت أيضاً إلى الشكل رقم (٣٥) ستجد أن الكلاب التى توجد فى هذا الشكل تقف فى صفاً واحداً، وأن أحجامها تتناقص تدريجياً واحداً تلو الآخر، ولذلك ستدرك أن بعد مواقعها عنك يتزايد واحداً بعد الآخر (Predebon, 1992). ونستخلص من هذا العرض أن أحجام الأشياء المرئية تتناقص كلما بعد موقعها عن الرائى، ولذلك تستخدم أحجام الأشياء المألوفة كإشارة بصرية لتحديد المسافة النسبية لمواقع هذه الأشياء عن الرائى.

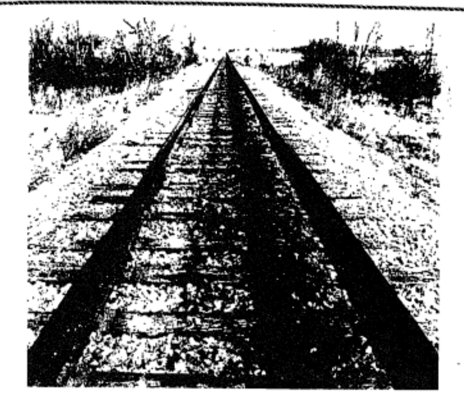


شكل (٣٤) يظهر حجم الصور المتكونة على شبكية العين لسيدتين متساويتين فى الطول ولكنهما تبعدان عن الرائى بمسافتين مختلفتين.



شكل (٣٥) يبين تناقص أحجام الكلاب تدريجياً مما يوضح أن مواقعهم تبعد عن الرائى تدريجياً، ولذلك يستخدم اختلاف أحجام الأشياء التى نعرف حجمها الطبيعى كإشارة لإدراك المسافة.

٤ - **المنظور الخطى:** يعتمد المنظور الخطى على حقيقة مؤداها أن الأشياء كلما بعدت عنك فإنها تبدو وفقاً لهذا المنظور وكأنها تلتقى فى النهاية على شكل أنبوبة أو قمع أو نفق (**عبد الحليم محمود وآخرون، ١٩٩٠**) ، ومن أوضح الأمثلة على ذلك قضبان السكك الحديدية فإذا نظرت إلى الشكل (٣٦) ستجد أن خطوط السكك الحديدية رغم أنها متوازية، والمسافة بينها دائماً ثابتة لا تتغير إلا أنها تبدو كأنها تتقارب من بعضها كلما زاد بعدها عن الرائى حتى تبدو وكأنها تلتقى معاً فى نهاية المنظور (**Cutting, 1986**).



شكل (٣٦) يظهر المنظور الخطى حيث تقترب قضبان السكة الحديد من بعضها كلما بعدت مسافتها عنا ليصبح شكلها مثل القُمع رغم أن هذه القضبان دائماً متوازية والمسافة بينها ثابتة.

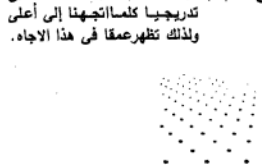
٥ - **المنظور الهوائي:** وهو يعنى أن الأشياء البعيدة تكون صورتها غير واضحة، كما أن لونها يميل إلى الزرقة، وسبب ذلك أن الهواء ليس صافياً تماماً حيث إنه مليئ بجزيئات ماصة للضوء مثل جزيئات الرطوبة والغبار حتى فى أكثر الأيام صفاء للجو، ولذلك فإن الأشعة المنعكسة من سطح الأشياء عندما تمر فى الهواء المحيط فإنها تصطدم بهذه الجزئيات والتى تقوم بدورها بعمل تشتت لبعض الموجات الضوئية المنعكسة من سطح الشيء المرئى، ويزداد هذا التشتت للضوء كلما بعدت المسافة بين الشيء المرئى والفرد الرائى لأن زيادة هذه المسافة ينجم عنها زيادة فى عدد الجزئيات الماصة للضوء التى يحملها الهواء، والتأثير المتجمع عن الجزيئات المشتتة للضوء تُحدث ما يسمى بتأثير المنظور الهوائي والذى ينجم

عنه أن صور الأشياء البعيدة عن الرائى مثل الجبال تكون غير واضحة، كما أن لونها المدرك يميل إلى الزرقة، ولذلك فإن مقدار التغير الذى يحدث فى وضوح الرؤية ولون الأشياء البعيدة تمدنا بمعلومات عن المسافة النسبية لمواقع هذه الأشياء فى الفراغ المحيط بنا لأن الضوء المنعكس من سطح الأشياء البعيدة لا تقل شدته مع بعد المسافة، ولكن المسافات الطويلة تجعله عرضة للإصطدام بكمية أكبر من الجزئيات المشتتة للضوء التى يحملها الهواء والتى ينجم عنها التغير السابق الإشارة إليه فى وضوح الرؤية واللون (Utal , 1981 ; Deregowski, 1984).

٦ - **إشارات تدرج النسيج:** لقد اقترح **جيبسون Gibson** فى عام (١٩٥٠) هذا النوع من إشارات العمق وهى تجمع إشارات كل من الحجم، والمنظور الخطى فى نوع واحد من الإشارات، ومؤداها أننا نستطيع من خلال إدراكنا للشكل ذى الوحدات المتجانسة أن نميز بين وحداته القريبة والبعيدة على أساس التدرج فى صغر حجم الوحدات البعيدة كلما بعد موقعها عن الرائى بما يوحى بالعمق، وتستخدم هذه الطريقة لإدراك العمق فى الأسطح المستوية ذى الوحدات المتجانسة حيث تؤدى الزيادة التدريجية فى كثافة وحداتها إلى تكوين شكل يشبه النسيج، ومن هنا جاءت تسمية هذه الإشارات بتدرج النسيج (Hagen, 1986).

انظر إلى الشكل (٣٧) ستجد أن الشكل (أ) يتكون من مجموعة خطوط متوازية والمسافة بينها ثابتة وهذا يعنى أن النسيج المكون من تجمع هذه الوحدات لا يظهر عمقاً، أما الشكل(ب) فإن خطوطه تزداد كثافتها وتقل المسافة بينها تدريجياً كلما اتجهنا إلى أعلى وهذه الكثافة التدريجية لوحدات هذا النسيج تكون لدينا إحساساً بالعمق كلما اتجهنا إلى أعلى، وأما إذا كانت الوحدات المكونة للنسيج تزداد كثافتها فى الوضعين الأفقى والرأسى كما هو موضح فى الشكل (ج) فإن ذلك يؤدى إلى زيادة إحساسنا بالعمق. وعلى أية حال إن تدرج

النسيج يعتبر إشارة قوية للعمق حيث يوفر لنا نوعاً من القياس الذى نحكم به على بعد الوحدات المكونة للأسطح المستوية، وإذا نظرت حولك فى البيئة المحيطة بك ستجد أنها مليئة بالأسطح المستوية التى تظهر فيها إشارات تدرج النسيج (Bingham,1993).



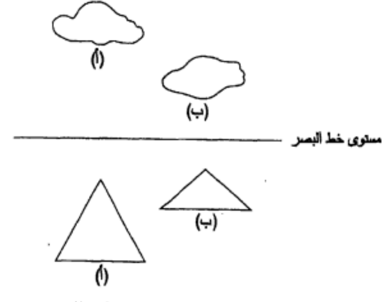
(أ) المسافة بين وحدات النسيج ثابتة لذلك لا تظهر عمقاً.

(ب) تزداد كثافة وحدات النسيج تدريجيا كلماااتجهنا إلى أعلى ولذلك تظهرعمقا فى هذا الاجاه.

(ج) تزداد كثافة وحدات هذاالنسيج فى الوضعين الأفقى والرأسى وهذا يؤدى إلى زيادة إحساسنا بالعمق.

شكل (٣٧) يظهر إشارات تدرج النسيج

٧ ـ **إشارات مستوى الإرتفاع:** إن مؤدى هذا النوع من إشارات المسافة هو أن الأشياء التى تقع بعيداً عن مستوى خط البصر (أعلاه أو أسفله) تبدو وكأنها أقرب لنا من الأشياء المناظرة لها القريبة من مستوى خط البصر. انظر إلى الشكل رقم (٣٨) ستجد أن به خطاً يمثل مستوى خط البصر، والجزء الأعلى من مستوى خط البصر يحتوى على سحابتين إحداهن قريبة من مستوى خط البصر، والأخرى بعيدة عنه، أما الجزء الأسفل فإنه يحتوى على مثلثين أحدهما قريب من مستوى خط البصر، والآخر بعيد عنه، ورغم أن كلاً من السحابة (أ)، والمثلث (أ) بعيدان عن مستوى خط البصر، إلا أنهما يبدوان لنا وكأنهما أقرب لنا من السحابة (ب) والمثلث (ب) القريبين من مستوى خط البصر، ويفسر العلماء هذه الظاهرة بأن إدراكنا للأشياء المرتفعة أو المنخفضة عن مستوى خط البصر يرجع للعلاقة التى تربط بين الصورة المتكونة على شبكية العين للأشياء القريبة والبعيدة عن مستوى خط البصر حيث تؤدى هذه العلاقة إلى شعورنا بأن الأشياء البعيدة عن مستوى خط البصر (أعلاه أو أسفله) تبدو لنا وكأنها أقرب من الأشياء الأخرى القريبة من مستوى خط البصر **(Cutting, 1986)**.



شكل (٣٨) يبين إشارات مستوى الارتفاع

٨ ـ الوضـــــوح : يشير الوضوح إلى الحدة البصرية التي يمكن أن نرى بها الأشياء، وهذا المؤشر يساعدنا على تحديد تفاصيل الأشياء التي نراها وفقـاً لقربها أو بعدها منا. فالأشياء القريبة نرى تفاصيلها بوضوح، وأما الأشياء البعيدة فيصعب علينا إدراك تفاصيلها بدقة، ويؤخذ على هذا المؤشـر أنه قد يكون مضللاً لبعض الأفراد دون الآخرين لأنه يتأثر بالفروق الحضارية النوعية بين الناس (**عبد الحليم محمود وآخرون، ١٩٩٠**) .

٩ ـ إشارات الحركة : إن جميع الإشارات التي عرضناها كانت للأشياء الساكنة غير المتحركة والتي يكون فيها أيضاً كل من الأشياء المرئية، وجسم، ورأس الفـرد في وضع ثابت غير متحرك. ونظراً لأننا نتلقى معظم معلوماتنا البصرية من الحركة والتي تتمثل إما في حركة الأشياء، أو حركة أعضاء أجسامنا مثل تغيير وضع الجسـد، وحركات الرأس والعينين، والتي ينجم عنها تغيير مواقع الصور المتكونة للأشياء المرئية على الشبكية. لذلك فإن إضافة الحركة إلى صور الأشياء المتكونة على شبكية العين تقدم لنا إشارات أخرى هامة لإدراك العمق **(Williams, 1992; Mershon, *et al*, 1993; Van Damme, *et al*, 1994)**.

ويعتمد إدراكنا للعمق من إشارات الحركة على مظهرين أساسين من مظاهر الأشياء وهما أن الشيء البعيد يبدو لك وكأنه يتحرك معك في اتجاه حركتك، أما الشيء القريب فإنه يبدو وكأنه يتحرك في الجهة المضادة لحركتك (**عبد الحليم محمود وآخرون، ١٩٩٠**) . افترض مثلاً أنك تسافر في أتوبيس، ونظرت من نافذته ورأيت المشهد البصري الموضح في الشكل رقم (٣٩)، ثم ركزت بصرك على النقطة التي يشار إليها في هذا الشكل بنقطة تثبت البصر فسوف تجد أن الأشياء القريبة التي تقع بينك وبين نقطة تثبيت البصر تبدو وكأنها تتحرك في اتجاه مضاد لحركة الأتوبيس، أما الأشياء البعيدة عن نقطة التثبيت

فإنها ستبدو وكأنها تتحرك فى نفس اتجاه حركتك، وسوف تلاحظ أيضاً أن سرعة حركة الأشياء القريبة التى تقع بينك وبين نقطة التثبيت تتغير وفقا لبعدها عنك حيث تزداد سرعتها كلما اقترب موقعها منك، بينما تقل سرعة الأشياء التى يقترب موقعها من نقطة تثبيت البصر (Cutting, *et al*, 1992; Srinivasan, 1992).



شكل (٣٩) يوضح إشارات الحركة حيث تبدو الأشياء التى تقع بينك وبين نقطة تثبيت البصر وكأنها تتحرك عكس اتجاه حركتك، أما الأشياء التى تقع بعيداً عن نقطة تثبيت البصر فإنها تبدو وكأنها تتحرك فى نفس اتجاه حركتك.

العوامل التى تؤثر على إدراك العمق من الحركة:

رغم أن الحركة تقدم لنا إشارة هامة لإدراك العمق، إلا أن هناك بعض العوامل التى تؤثر على إدراكنا للعمق من الحركة سنشير إلى أهمها باختصار فيما يلى:

١ - **موقع الهدف:** يزداد إحساسنا بالعمق عندما يكون موقع الشيء المتحرك (الهدف) في مستوى خط البصر، بينما يقل لدينا هذا الإحساس إذا ابتعد موقع الهدف عن مستوى خط البصر سواء كان ذلك لأعلى أو لأسفل خط البصر (**Proffit, *et al*, 1992**).

٢ - **سرعة الحركة:** يزداد شعور الفرد بالعمق للأشياء التى تتحرك فى حركة دائرية عن الأشياء التى تتحرك فى حركة غير دائرية، كما يزداد شعوره بالعمق للأشياء التى تتحرك فى حركة دائرية كلما زادت سرعة دورانها (**Liter, *et al*, 1994**).

٣ - **مدة متابعة الحركة:** يقل إحساس الفرد بالعمق للأشياء المتحركة كلما زادت مدة متابعته المتواصلة لحركتها حيث يؤدى ذلك إلى إرهاق الجهاز البصرى مما يضعف استجابته للإشارات البصرية التى يتلقاها من الشيء المتحرك (**Todd &Norman, 1991**).

٤ - **تعارض المعلومات البصرية:** يؤدى تعارض المعلومات التى يستقبلها الجهاز البصرى عن الشيء المتحرك إلى تضارب إحساسه بالعمق. فمثلاً إذا كان الفرد يتابع حركة شيء معين بكلتا عينيه، ثم قام بغلق وفتح إحدى عينيه عدة مرات فى الوقت الذى تكون فيه عينه الأخرى ما زالت مفتوحة ومستمرة فى متابعة الشيء المتحرك. فإن هذا الفعل سوف يؤدى إلى تعارض المعلومات التى يستقبلها الجهاز البصرى عن الشيء المتحرك من عين واحدة عن المعلومات التى يستقبلها من كلتا العينين، ولذلك سوف يختلف إدراكه للعمق تبعاً للمعلومات التى يستقبلها بعين واحدة، أو بكلتا العينين وسوف يبدو له الشيء المتحرك بعمق أكبر عندما يشاهده بعين واحدة، بينما سيبدو له هذا الشيء بعمق أقل عندما يشاهده بكلتا عينيه (**Braustein & Stern, 1980**).

ثانياً: الإشارات الفسيولوجية:

إن الإشارات الطبيعية للمسافة والعمق التى أشرنا إليها يستجيب لها الجهاز البصرى من خلال الصور المتكونة لها على شبكية العين والتى تنتج عن الضوء المنعكس من سطح الأشياء التى تقع فى المجال البصرى للفرد سواء كانت هذه الأشياء مادية ملموسة، أو صوراً لهذه الأشياء. أما الإشارات الفسيولوجية فإنها ترجع لطريقة استجابة الجهاز البصرى لهذه الأشياء، ونقدم عرضاً مختصراً لهذه الإشارات الفسيولوجية فيما يلى:

١ - **تكيف العين:** لقد سبق لنا مناقشة تكيف العين أثناء عرضنا للجهاز البصرى حيث بينا أن شكل عدسة العين يتغير وفقاً لبعد المنبه البصرى عن العين حتى تقع الصورة المتكونة لهذا المنبه على المستقبلات الضوئية فى شبكية العين، ولذلك فإن مقدار الشد فى العضلات الهدبية التى تتحكم فى شكل عدسة العين يقدم لنا معلومات هامة عن بعد موقع هذا المنبه عن الفرد (Gunderson, *et al*, 1993).

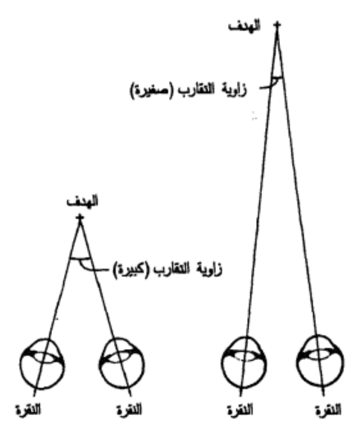
وهناك وجهات نظر مختلفة حول استخدام تكيف العين كإشارة لإدراك المسافة. فهناك فريق يرى أن تكيف العين يعد إشارة هامة لإدراك المسافة التى تقع بين المنبه والفرد، وهناك فريق آخر يرى أن فائدة عملية التكيف تتوقف على المسافة التى تقع بين المنبه البصرى وعين الفرد، وقد دلل هذا الفريق على صحة اعتقادهم هذا بأن أكثر تسطح لعدسة العين يحدث عندما يكون الشىء المرئى يقع على بعد ثلاثة أمتار تقريباً من العين، فإذا ابتعد موقع المنبه أكثر من تلك المسافة فلن يتغير مقدار تسطح عدسة العين عن القدر السابق بمعنى أن شد العضلات الهدبية سوف يتساوى للمنبهات التى تقع عند مواقع مختلفة تزيد

عن ثلاثة أمتار من عين الفرد، وعلى النقيض من ذلك نجد أن عدسة العين تصل إلى أقصى انبعاج لها عندما يكون موقع المنبه على بعد ٢٠ سم تقريباً من العين، وهذا يعنى أن شد العضلات الهدبية لن يتغير مقداره للمنبهات التى تقع عند أى مسافة تقل عن ٢٠سم من موقع العين، ولذلك يرى هذا الفريق من العلماء أن عملية تكيف العين تصلح كإشارة للمسافة للأشياء التى تبعد عن العين بمسافة تتراوح بين ٢٠سم إلى ثلاثة أمتار فقط (Dalzied & Egan, 1982).

٢ - **التقارب والتباعد:** تصل العين إلى أقصى حدة للإبصار عندما تقع الصورة المتكونة للأشياء التى يراها الفرد على النقرة التى توجد فى الشبكية حيث تتركز المستقبلات الضوئية التى تستجيب للتنبيهات البصرية، فعندما ينظر الفرد لشيء ما فإن العينين تقومان ببعض حركات التقارب والتباعد وفقاً لبعد هذا الشيء عن العين لجعل صورته تتركز على النقرة فى شبكية كل عين. فإذا كان الشيء المرئى قريباً من العين فسوف تتحرك العينان للداخل تجاه الأنف، وهذا يعنى أن عدستى العينين تتقاربان من بعضهما، ولذلك يطلق على هذا النوع من حركات العينين بحركات التقارب، أما إذا كان الشيء المرئى بعيداً عن الفرد فسوف تتحرك العينين للخارج أى أن عدسات العينين سوف تبتعدان عن بعضهما ولذلك يسمى هذا النوع بحركات التباعد، والشكل (٤٠) يوضح نموذجاً لحركات تقارب وتباعد العينين.

وعلى الرغم من أن بعض الباحثين قللوا من أهمية إستخدام حركات التقارب والتباعد بين العينين كإشارة لإدراك المسافة (Arditi, 1986)، إلا أن بعضاً آخر من الباحثين قد أكدوا فى نتائج دراساتهم العلمية على أن كلاً من

تكــف العــين، وحــركات التـقـارب والتبــاعـد يقـدمان مـعـاً معلومـات هامـة جـــداً لإدراك المســافــة والعـمق حـتى لو كـــان الشيء المرئى عـبـارة عن نقطة صـغـيـرة جـدا من الضـوء (Enright, 1987, A;B; . Morrison & Whiteside, 1984).



شكل (٤٠) يوضح إشارات التقارب والتباعد حيث تقترب عدستى العينين من بعضهما عند النظر للأشياء القريبة من العين، فى حين تبعدان عن بعضهما عند النظر للأشياء البعيدة ولذلك تستخدم زاوية التقارب كإشارة لتقدير مسافة الشىء المرئى من العين.

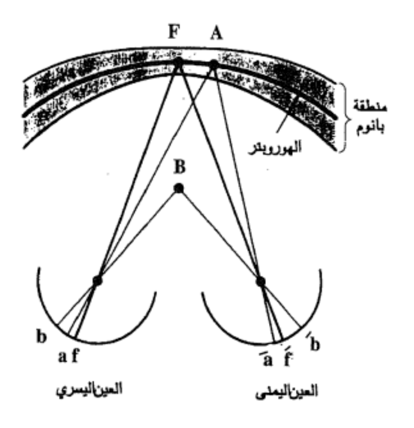
٣ - التفاوت بين العينين والرؤية المجسمة : تبلغ المسافة بين حدقتى العين لدى البشر نحو (٦٫٥) سم تقريباً، وهذه المسافة الفاصلة بين العينين ينجم

عنها أن كل عين يكون لها اتجاه للرؤية يختلف عن اتجاه العين الأخرى، ومن ثم تختلف المسافة بين عدستى العينين وموقع الشىء المرئى، وهذا الاختلاف يترتب عليه حدوث اختلاف طفيف بين الصورتين المتكونتين على شبكيتى العينين لشىء واحد وهذا ما يسمى بالرؤية المجسمة، وهى تقدم للجهاز البصرى معلومات هامة للحكم بهـا على مسـافـة وعـمق الشىء المرئى (Anderson & Nakayama, 1994)، ويمكنك أن تعرف جيداً عملية التفاوت بين العينين من خلال قيامك بالتجربة التالية:

ضع إبهام يدك اليسرى فى مستوى خط البصر أمام عينك اليسرى على بعد ١٥ سم تقريباً، ثم افرد ذراعك الأيمن وارفع إبهام يدك اليمنى ليكون فى مستوى خط البصر أمام كلتا العينين. اجعل رأسك فى وضع ثابت ثم اقفل عينك اليسرى واترك عينك اليمنى مفتوحة، ثم افعل العكس بعد ذلك وكرر هذه المحاولة عدة مرات بالتناوب بين العينين، وسوف تلاحظ بعد كل محاولة قمت بها أن موقع إبهام اليد اليمنى يظل ثابتاً وهذا يعنى أنه لا يوجد تفاوتا بين العينين، أما ابهام اليد اليسرى فنظراً لقرب موقعه من العين اليسرى ستجد أنه يبدو لك وكأنه يتحرك فى الجهة اليمنى عندما تفتح عينك اليمنى، وللجهة اليسرى عندما تفتح عينك اليسرى، وهذا يعنى أن هناك تفاوتاً بين العينين فى رؤية إبهام اليد اليسرى الذى يقع قريباً من العينين، ولقد بينت الدراسات العلمية التى أجريت فى هذا المجال أن هناك نوعين مختلفين من التفاوت بين العينين هما: التفاوت المتقاطع، والتفاوت غير المتقاطع سنعرضهما باختصار فيما يلى:

أ - **التفاوت المتقاطع:** انظر إلى الشكل رقم (٤١) والذى يوضح رسماً تخطيطياً للتفاوت المتقاطع. افترض أنك تنظر لمنبه ما يقع فى منتصف المشهد البصرى أمام كلتا العينين مباشرة فإن النقطة التى يقع عندها هذا المنبه تسمى النقطة البؤرية وهى التى يشار إليها بالحرف (F) فى هذا الرسم التوضيحى إرسم قوساً بخيالك يمر بالنقطة البؤرية، وهـذا القـوس يسميه العلماء الهوروبتر

Horoptter وهو يعنى أن جميع المنبهات الأخرى التى تقع على هذا القوس فى الجهة اليمنى أو الجهة اليسرى من النقطة البؤرية تكون على مسافة واحدة تقريباً من عينيك، والمنطقة الضيقة التى تحيط بامتداد الهوروبتر أعلاه وأسفله يسميها العلماء منطقة بانوم Panum Area، وهذا يعنى أن منطقة بانوم تحتوى على الهوروبتر فى وسطها.



شكل (٤١) يبين رسماً تخطيطياً للتفاوت المتقاطع حيث يتضح منه أن الشىء الذى يقع فى منطقة بانوم لا ينجم عنه تفاوتاً بين الصورتين المتكونتين له على شبكيتى العينين، أما الشئ الذى يقع قبل منطقة بانوم فإن الصورة المتكونة له تقع فى الجهة الصدغية على شبكية كل عين وهو ما يسمى بالتفاوت المتقاطع.

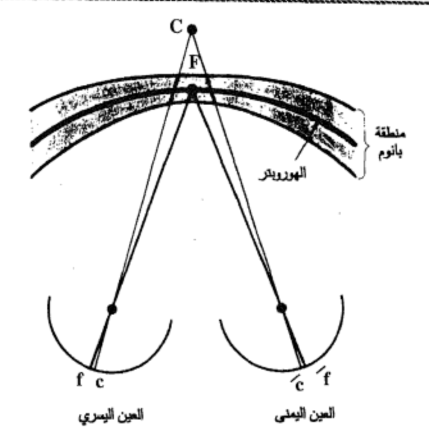
والمنبه الذى يقع فى منطقة بانوم يقوم الجهاز البصرى بدمج الصورتين المتكونتين له على شبكيتى العينين فى صورة واحدة، وهذا يعنى أن المنبهات التى تقع فى منطقة بانوم لا يحدث تفاوتاً بين الصور المتكونة لها على شبيكتى عينى الفرد، أما المنبهات التى تقع خارج هذه المنطقة فإنها تتكون لها صور مختلفة قليلاً على كلتا الشبكيتين، ولذلك لا يستطيع الجهاز البصرى دمجها فى صورة واحدة وهذا يعنى أن المنبهات التى تقع خارج منطقة بانوم يحدث تفاوتاً فى الصور المتكونة لها على شبكيتى العينين.

انظر مرة أخرى إلى الشكل السابق ستجد أن المنبه (F) الذى يقع عند النقطة البؤرية تقع الصورة المتكونة له على شبكية العين اليسرى عند النقطة (f)، وعلى شبكية العين اليمنى عند النقطة (f¯)، ولما كان المنبه (A) يقع هو الآخر على الهوروبتر فى الجهة اليمنى للمنبه (F) لذلك تقع الصورة المتكونة له على شبكيتى العينين فى الجهة اليسرى من موقع المنبه (F) لأن الأشياء التى تراها العين فى الجهة اليمنى تتكون لها صورة على شبكيتها فى الجهة اليسرى، والعكس صحيح، ولذلك ستقع الصورة المتكونة للمنبه (A) عند النقطة (a) على شبكية العين اليسرى، وعند النقطة (a¯) على شبكية العين اليمنى. ولما كان المنبه (A) يقع داخل منطقة بانوم كما بينا ذلك، لذلك لن يحدث تفاوتاً بين الصورتين المتكونتين له على شبكيتى العينين، وهذا يعنى أن هاتين الصورتين سيقوم الجهاز البصرى بدمجهما فى صورة واحدة لأن كل منهما يقع على الشبكية فى الجهة اليسرى لموقع المنبه البؤرى (F).

أما إذا كان المنبه يقع قبل منطقة بانوم فإن هذا يعنى أن موقعه يكون أقرب لعينى الفرد من موقع المنبه البؤرى. أنظر مرة أخرى إلى الشكل السابق

ستجد أن المنبه (B) يقع قبل منطقة بانوم، والصورتين المتكونتين له على شبكيتى العينين تقعان فى موقعين مختلفين من موقع المنبه البؤرى حيث تقع على شبكية العين اليسرى عند النقطة (b) فى الجهة اليسرى لموقع المنبه البؤرى، كما أنها تقع على شبكية العين اليمنى عند النقطة (b¯) فى الجهة اليمنى لموقع المنبه البؤرى، وهذا يعنى أن صورتى المنبه (B) قد وقعتا فى الجهة الصدغية لكلتا الشبكيتين، ولذلك لايستطيع الجهاز البصرى دمجهما فى صورة واحدة لوجود هذا التفاوت فى موقعيهما على الشبكيتين.

ب ـ التفاوت غير المتقاطع: انظر إلى الشكل رقم (٤٢) والذى يشبه شكل (٤١) فى الهورويتر، ومنطقة بانوم، والمنبه البؤرى، ولكنه يمثل نوعاً آخر من التفاوت بين العينين. حيث يقع المنبه (C) خلف منطقة بانوم وهذا يعنى أن موقعه أبعد من موقع المنبه البؤرى، ولذلك تقع الصورة المتكونة له على شبكية العين اليسرى عند النقطة (c) فى الجهة اليمنى من موقع المنبه البؤرى على هذه الشبكية، بينما تقع الصورة المتكونة له على شبكية العين اليمنى عند النقطة (c¯) فى الجهة اليسرى لموقع المنبه البؤرى وهذا يعنى أن موقع الصورة المتكونة لهذا المنبه على شبكية العين اليمنى يختلف عن موقع الصورة المتكونة له على شبكية العين اليسرى حيث تقع كل صورة منهما على جزء الشبكية القريب من الأنف، ونظراً لاختلاف موقع الصورتين المتكونتين لهذا المنبه على شبكيتى العين، لذلك يحدث تفاوتاً بين العينين يطلق عليه التفاوت غير المتقاطع وهذا النوع من التفاوت بين العينين يعنى أن المنبه الهدف يقع خلف المنبه البؤرى أى بعد منطقة بانوم (Tyler, 1991 .b).



شكل (٤٢) يوضح رسما تخطيطياً للتفاوت غير المتقاطع حيث يتضح منه أن الأشياء التى تقع بعيداً عن منطقة بانوم تتكون صورة لها جهة الأنف على شبكية كل عين لذلك يحدث تفاوتا بين موقع هاتين الصورتين على شبكيتى العينين يطلق عليه التفاوت غير المتقاطع.

ونود أن نبين فى هذا المقام أن نوعى التفاوت بين العينين السابق الإشارة إليهما كانا كبيرين نسبياً حيث كانت المساحة التى يشغلها كل نوع منهما على الشبكية تبلغ عدة ملليمترات فى حين أن جهازنا البصرى يمكنه كشف التفاوت بين العينين الذى يشغل مساحة على الشبكية قدرها ميكرومتر واحد علما بأن الميكرومتر يساوى واحد على ألف من الملليمتر، ولعل ذلك يبين لنا القدرة الفائقة لجهازنا البصرى على كشف التفاوت البالغ فى الصغر بين العينين (Yellott,

(1981، ويؤكد العلماء على أن هذه القدرة العالية التى يتميز بها جهازنا البصرى فى كشف التفاوت الدقيق جداً بين العينين هى قدرة فطرية وليست مكتسبة من البيئة المحيطة بالفرد (Foley,1991.b ;Wallach, 1985).

ونستخلص مماسبق أن التفاوت بين العينين يحدث على شبكيتى العينين، ولذلك يحضرنا سؤال يطرح نفسه مؤداه: كيف يستطيع جهازنا البصرى جمع وتوليف الصور البصرية التى تتكون على الشبكيتين فى حالة وجود تفاوت بين العينين؟، وبمعنى آخر: كيف يستطيع جهازنا البصرى القيام بعملية الرؤية المجسمة لشيء واحد مرئى؟ والإجابة عن هذا السؤال تتطلب منا عرض الأسس الفسيولوجية للرؤية المجسمة، ولذلك سنقدم عرضاً مختصراً لها فيما يلى:

الأسس الفسيولوجية للرؤية المجسمة:

لقد بينا فى عرضنا للجهاز البصرى فى الفصل الأول أن المعلومات البصرية التى تستقبلها العين تنتقل من الشبكية إلى القشرة البصرية عبر مسارين بصريين هما: المسار البصرى الكبير، والمسارالبصرى الصغير. ومن خلال مراجعتنا للتراث المتاح وجدنا أن هناك اختلافاً بين العلماء حول تحديد المسار البصرى الذى يحمل معلومات الرؤية المجسمة من الشبكية إلى المراكز البصرية بالمخ، ففريق منهم يرى أن المسار البصرى الكبير هو المسئول عن نقل معلومات الرؤية المجسمة خاصة التى تتعلق منها بالشكل العام للمنبه (Livingstone & Hubel, 1988)، والفريق الثانى يرى أن المسار البصرى الصغير هو الذى يختص بنقل تلك المعلومات خاصة ما يتعلق منها بالرؤية المجسمة للأجزاء المكونة للشكل العام (Tyler, 1991.A; Patterson & Martin, 1992)، وأما الفريق الثالث فإنهم يرون أن عملية الرؤية المجسمة تنتج عن محصلة

التفاعل بين الخلايا العصبية، والمعلومات البصرية فى كل من المسارين البصريين الصغير والكبير (Weisstein, *et al*, 1992; Williams, 1992).

ولقد أوضحت نتائج الدراسات العلمية التى أجريت على خلايا القشرة المخية البصرية أن المنطقتين البصريتين الأولية والثانوية تحتويان على خلايا عصبية تستجيب للتفاوت بين العينين حيث يستجيب بعضها للتفاوت الكبير، بينما يستجيب بعضها الآخر للتفاوت الصغير، كما أن استجابة بعضها تكون مرتفعة للتفاوت المتقاطع، فى حين ترتفع استجابة بعضها الآخر للتفاوت غير المتقاطع (Tyler, 1991.A; Patterson & Martin, 1992).

تفاعل إشارات المسافة والعمق:

على الرغم من أن جميع الإشارات التى عرضناها تكفى لإدراك المسافة والعمق، إلا أن وجود أكثر من إشارة منها فى المشهد البصرى يجعلها تتفاعل معاً وتكوّن إشارة جديدة للمسافة والعمق تجمع بين خواص هذه الإشارات مما يؤدى إلى زيادة إحساس الفرد بالعمق والمسافة.

فمثلاً إذا كنت تقف بجوار الطريق السريع وتنظر إلى منزل يقع على الجانب الآخر من الطريق وأثناء مشاهدتك للمنزل مرت سيارة على هذا الطريق، فسوف ترى أن مرور السيارة قد حجب عن رؤيتك بعض أجزاء المنزل التى تمر السيارة من أمامه ولو تصادف أنك حركت رأسك فى اللحظة التى تمر فيها السيارة أمام المنزل فإن ذلك يعنى أن صورتى المنزل والسيارة ستتحركان على شبكيتى عينيك ولكن حركة السيارة ستكون أسرع لأنها ستجمع بين حركتى رأسك، والسيارة التى تتحرك بالفعل فى المشهد البصرى. أما حركة المنزل على شبكيتى عينيك فسوف تكون أبطأ من حركة السيارة لأن حركته ناتجة عن حركة

رأسك فقط، وعلى أية حال فإن هذا الموقف يكوّن إشارة جديدة للعمق تجمع بين إشارتى الحجب، واختلاف الموقع الحركى على الشبكية.

كذلك يؤدى تجمع إشارتى الحجب، واختلاف الموقع الحركى فى المثال السابق إلى تكوين إشارة جديدة لإدراك العمق وهى تتعلق بالحواف. فعندما كانت السيارة تمر من أمام المنزل كان هناك جزء من المنزل يختفى خلف السيارة أى يحدث له عملية حذف من الرؤية [1]، وبعد مرور السيارة تبدأ الأجزاء المختفية (المحذوفة) فى الظهور مرة أخرى حيث يقوم الجهاز البصرى بتجميعها مرة أخرى، وتعد عمليتى الحذف والتجميع إشارة قوية لإدراك العمق لأن أجزاء المنبه التى يحدث لها حذف وتجميع يدركها الجهاز البصرى بأنها تقع على مسافة أبعد من المنبه القريب المتحرك الذى يظل ظاهراً فى المشهد البصرى (Craton & Yonas, 1990).

ولقد بينت نتائج عدة دراسات علمية أن وجود أكثر من إشارة للمسافة والعمق فى المشهد البصرى يؤدى إلى زيادة إحساس الفرد بالعمق والمسافة. فالدراسة التى أجراها ديرمير (Der Meer, 1979) بينت فى نتائجها أن إدراك المفحوصين للعمق والمسافة كان محصلة لإشارتى كل من المنظور الخطى، والتفاوت بين العينين، أما دراسة بير باوم وزملاؤه (Berbaum, *et al*, 1983) فقد أوضحت أن إدراك المفحوصين للعمق والمسافة كان محصلة لإدراكهم المتجمع من جميع إشارات البعد الثالث التى كانت توجد فى المشهد البصرى، وأما دراسة برونو، كوتنج (Bruno & Cutting, 1988)

(١) إن عملية الحذف تعنى أن هناك جزء من المنبه البعيد يقع خلف المنبه المتحرك القريب، ومثل هذا الاختفاء يطلق عليه الحذف.

فقد أظهرت أن إدراك أفراد عينة الدراسة للعمق كان محصلة لإشارات كل من الحجم، ومستوى الارتفاع، والحجب، واختلاف الموقع الحركى، بينما أشارت نتائج الدراسة التى أجراها كل من **روجرز، كوليت (Rogers & Collett, 1989)** إلى أن إدراك المفحوصين للعمق كان محصلة لإشارتى كل من التفاوت بين العينين، واختلاف الموقع الحركى.

وعلى أية حال إن كل إشارة من الإشارات التى أشرنا إليها لا تصلح لإدراك العمق والمسافة معا. فمثلاً التفاوت بين العينين يصلح كإشارة للعمق إذا كان المشهد البصرى يحتوى على منبهين فقط وأراد الفرد أن يعرف أيهما أقرب من الآخر، ولكنها لا تصلح كإشارة لتحديد المسافة بين كل من هذين الهدفين وموقع الفرد، أما إذا حركنا هذين الهدفين فى المشهد البصرى بعيداً عن الفرد الرائى بحيث تظل المسافة بينهما ثابتة فسوف ينخفض مقدار التفاوت بين العينين ورغم ذلك سيظل إدراك الفرد لعمق هذين المنبهين ثابتاً، وهذه الظاهرة يطلق عليها العلماء ثبات العمق التجسيمى **(Wallach, *et al*, 1979)**.

التنافس بين العينين فى عملية الإدراك:

لقد بينا فى موضع سابق أن المنبه الذى يقع فى منطقة بانوم تتكون صورتان له عند موقعين متشابهين على شبكيتى العينين، ولذلك يقوم الجهاز البصرى بدمج هاتين الصورتين فى صورة واحدة لإدراك هذا المنبه، أما إذا كان هذا المنبه يقع بعيدا عن منطقة بانوم فسوف تتكون له صورتان عند موقعين مختلفين على شبكيتى العينين ولذلك لا يستطيع الجهاز البصرى دمجهما فى صورة واحدة، وحتى يقوم الجهاز البصرى بإدراك هذا المنبه فإنه يحجب الصورة المتكونة فى إحدى الشبكيتين، ويتعامل مع معلومات الصورة المتكونة لهذا المنبه

على شبكية العين الأخرى، ثم يقوم بعد ذلك بالعكس، ويظل يفعل ذلك بالتناوب بين شبكيتى العينين حتى يحصل على جميع المعلومات اللازمة لإدراك هذا المنبه، وهذه العملية يسميها العلماء «التنافس بين العينين» حيث يعمل هذا التنافس على كشف التفاصيل الدقيقة جداً فى المنبهات البصرية خاصة إذا كان المشهد البصرى يحتوى على عدة منبهات متشابهة (Blake, 1988, Blake, *et al*, 1991).

حركات العينين وإدراك الاتجاه:

إن إدراك العمق الذى أشرنا إليه ما هو إلا جانب واحد من إدراكنا للمنبهات البصرية المحيطة بنا وإدراك موقع المنبه فى المشهد البصرى يتطلب منا تحديد اتجاهه من وضعنا، وهناك عدد من المتغيرات التى تؤثر على إدراكنا للاتجاه منها على سبيل المثال وليس الحصر عدد المنبهات الأخرى التى توجد فى المشهد البصرى، فكلما زاد عدد هذه المنبهات زاد ثبات حكمنا على اتجاه المنبه الهدف، ولعل ذلك يفسر لنا حقيقة علمية مؤداها: أن قدرة الأفراد فى الحكم على اتجاه الأشياء تكون أقل دقة فى الظلام حيث تضعف قدرتنا على رؤية المنبهات الأخرى المحيطة بالمنبه الهدف الذى نريد الحكم على اتجاهه، كذلك تلعب حركات تقارب وتباعد العينين دوراً هاماً فى تحديد اتجاه الأشياء، كما أن موقع الصورة المتكونة للمنبه الهدف على شبكية العين تساعد الباحثين أيضاً فى الحكم على اتجاه المنبه الهدف فى المشهد البصرى كما بينا ذلك فى موضع سابق (Stark & Bridgeman, 1983; Honda, 1984).

العين المهيمنة وإدراك الاتجاه:

إن عينى البشر لا تقدمان المعلومات البصرية للأشياء التى تراها بالتساوى بينهما لأن الناس جميعا لديهم عين مفضلة فى الرؤية يطلق عليها العين

المهيمنة، وهذه العين تقدم للفرد قدراً أكبر من معلومات المشهد البصرى عن القدر الذى تقدمه العين الأخرى، وهذا ما أكدته بعض الدراسات العلمية فى نتائجها، فعلى سبيل المثال وليس الحصر نجد أن الدراسة التى أجراها **كورين وزملاؤه** Coren,*et al* **فى عام (١٩٨١)** والتى هدفت إلى التعرف على العين المفضلة التى يستخدمها أفراد العينة فى النظر لشىء تستلزم رؤيته استخدام عين واحدة مثل النظر للأشياء البعيدة من خلال تلسكوب، بينت النتائج أن (٦٥٪) من أفراد العينة كانوا يستخدمون عينهم اليمنى، بينما كان (٣٥٪) منهم يستخدمون عينهم اليسرى (Coren, *et al*, 1981).

كما تلعب العين المهيمنة دوراً هاما فى تحديد اتجاه المنبه فى المشهد البصرى، وهذا لا يعنى أننا نستخدم عيناً واحدة لتحديد اتجاهات الأشياء، وإنما يعنى أن إدراكنا للأشياء يتحيز للمنبهات التى تقع فى الجانب الذى توجد فيه العين المهيمنة (Porac & Coren, 1986).

النظريات المفسرة لإدراك المسافة والعمق

هناك عدد من النظريات التى عالجت إدراك المسافة والعمق أهمها ثلاث نظريات هى: **النظرية التجريبية**: وهى تركز على دور عملية التعلم والخبرة السابقة للفرد لإدراك الأشياء، **ونظرية جيبسون**: وهى ترى أن المنبهات البصرية غنية بمعلومات المسافة والعمق ولذلك تركز على دور العمليات العقلية فى الإدراك، **والنظرية الحسابية**: وهى تركز على كيفية حساب البعد الثالث من خلال بعض قوانين الفيزياء والهندسة التى يتم استخدامها فى تحليل المنبهات التى يحتويها المشهد البصرى، كما ركزت أيضاً على دور أجهزة الكمبيوتر فى معالجة هذه المعلومات، ونقدم عرضاً مختصراً لهذه النظريات الثلاث فيما يلى:

١ - النظرية التجريبية :

يرى أنصار هذه النظرية أن عملية الإدراك يكتسبها الفرد من خلال عملية التعلم لأن الفرد كما يرى أنصار هذه النظرية يولد وهو لا يعرف كيف يدرك المسافة أو العمق، ويعد جورج بيركيلى Berkeley هو رائد هذه النظرية حيث كتب أول مقالة له عن هذه النظرية نشرت فى عام (١٧٠٩م) عرض فيها كيفية إدراكنا للمسافة والعمق حيث بين أن الصورة المتكونة للمنبه البصرى على شبكية العين لها بعدان فقط هما الطول والعرض، ورغم ذلك يستطيع الفرد إدراك العمق والمسافة، ولذلك تساءل: كيف نستطيع الحكم على عمق الأشياء ونحن لا نحس بالمسافة؟ وفى إجابته عن هذا السؤال ذكر **بيركيلى** أن الفرد يكتسب مهارة إدراك المسافة من خلال عملية التعلم حيث يستطيع من خلالها ربط إشارات المسافة بمعلومات الحركة والتى تشمل أيضاً حركة العضلات المختلفة لأجسادنا التى تنجم عن تفاعلنا مع معلومات المشهد البصرى.

فمثلاً نحن نشعر بشد فى العضلات التى تتحكم فى حركة عيوننا عندما ننظر إلى شىء قريب جداً من عيوننا يقع على مسافة تقل عن ١٥ سم، كما نشعر أيضاً بالشد فى عضلات يدنا عندما نمدها نحو شىء يقع على بعد مسافة معينة من أجسامنا، كذلك نشعر بالشد فى عضلات أرجلنا عندما نمشى نحو شىء معين يقع بعيداً عن موضعنا، ولذلك يمدنا الشد الذى يحدث فى العضلات السابقة بمعلومات غير مباشرة عن المسافة حيث يربط الفرد إشارات المسافة التى يشاهدها فى المشهد البصرى مع معلومات الإحساس بالحركة السابق الإشارة إليها، ويعتقد **بيركيلى** أن الإحساس بالحركة هو أساس هذه النظرية، أما الإشارات البصرية عن المسافة فإنها تساعد معلومات الإحساس بالحركة فى تكامل العملية الإدراكية، ولذلك يرى **بيركيلى** أن الإشارات الطبيعية

للمسافة والعمق يكتسبها الفرد بالتعلم من البيئة المحيطة به (Michaels & Carello, 1981).

ولقد قام أنصار هذه النظرية الذين جاءوا بعد ذلك بتطويرها وأطلقوا عليها النظرية البنائية، ويعتقد هؤلاء العلماء أن الأشياء التى نراها فى البيئة المحيطة بنا تكون مبهمة وغير واضحة، ومهمة الجهاز البصرى هى تفسير هذه الأشياء بناء على خبراتنا السابقة بها وبمكوناتها بمعنى أن الناس يستخدمون خبرتهم السابقة عن هذه الأشياء لإدراكها، وهذا يعنى أننا لدينا عملية تكوينية تقوم بتحويل المعلومات البصرية التى تتلقاها العين عن الشيء المرئى إلى شيء مدرك له معنى (Cutting, 1986).

وأخيراً جاء **هوكبيرج Hochberg** وهو من العلماء المعاصرين حيث قام بتطوير هذه النظرية وركز على دور الفرد فى تفسير الأشياء البصرية المحيطة به لأنه يرى أننا نتفاعل باستمرار مع هذه الأشياء، ونتيجة لهذا التفاعل المستمر فإننا نطور باستمرار توقعاتنا عنها، ولذلك يرى **هوكبيرج** أن الفرد الذى يشاهد شيئاً جديداً لأول مرة فإنه يدركه كما يتوقع هو إدراكه بمعنى أن هذا الفرد يبنى تفسيره وإدراكه لهذا الشيء على مايراه بالفعل فى هذا الشيء (Hochberg, 1994).

وخلاصة القول أن النظرية التجريبية فى صورتيها القديمة، والحديثة (التكوينية) تؤكد على أن الصورة المتكونة للأشياء على شبكية العين لا تقدم للفرد معلومات كافية عن المسافة والعمق، ولذلك يستعين الفرد بالإشارات الطبيعية، وخبرته السابقة بالمنبهات البصرية المختلفة لإدراك مسافة وعمق الأشياء التى يحتويها المشهد البصرى، ولذلك تؤكد هذه النظرية فى صورتيها القديمة

والحديثة على ثراء المنبهات البصرية بمعلومات المسافة والعمق ودور الخبرة السابقة وعملية التفكير في العملية الإدراكية.

٢ - نظرية جيبسون

يرى **جيبسون** Gibson مؤسس هذه النظرية أن هناك بعض الإشارات الطبيعية ليس لها صلة بإدراك العمق في العالم المادى، ولقد توصل **جيبسون** لهذا الرأى بعد إجراء عدة تجارب على الطيارين أثناء تحليقهم بالطائرات في الجو حيث أسفرت نتائج تجاربه عليهم على أن الإشارات الطبيعية للمسافة والعمق ليست دقيقة في الحكم على عمق الأشياء من الجو، ولذلك يرى أن إشارات تدرج النسيج هى من أفضل الإشارات الطبيعية التى تمدنا بمعلومات دقيقة عن عمق الأشياء لأن العلاقة بين الوحدات المكونة للسطح المدرك تمدنا بمعلومات دقيقة عن عمق الأشياء (Gibson, 1979).

وينقسم الإدراك وفقاً لنظرية **جيبسون** إلى نوعين هما: الإدراك المباشر، والإدراك غير المباشر. فالإدراك المباشر وفقا لهذه النظرية يعنى أن المنبهات البصرية غنية بالمعلومات المختلفة التى تسمح للفرد بتحديد العمق الدقيق للأشياء لأن المعلومات البصرية التى تتلقاها شبكية العين من هذه البيئة الطبيعية لا تحتاج إلى تمثيلات داخلية أو عمليات عقلية لإدراك العمق (Greeno, 1994; Nakayama, 1994).

أما الإدراك غير المباشر فإنه يختص بإدراك العمق من الأشياء غير المادية مثل الصور الفوتوغرافية، والصور التى نشاهدها على اللوحات المرسومة، أو على شاشات التليفزيون أو السينما، ويرى **جيبسون** أن المعلومات البصرية التى يشاهدها الفرد في الأشياء غير المادية تمده بمعلومات كافية لإدراك العمق،

ولذلك فإن الإدراك غير المباشر من وجهة نظر **جيبسون** لا يعتمد على التفكير، ويعتبر هذا الرأى نقطة ضعف كبيرة تؤخذ على نظرية **جيبسون** (Cutting,1993).

ويؤكد أنصار هذه النظرية على أن الإدراك المباشر وغير المباشر الذين عرضهما **جيبسون** متكاملان وغير منفصلين لأن الأشياء التى نراها فى البيئة الطبيعية قد تحتوى على معلومات تكفى لإدراك العمق هذا من جهة، ومن جهة أخرى فإن الإنسان مفكر بطبيعته الفطرية، ولذلك يستخدم الفرد العلاقة بين مكونات الأشياء وتوقعاته عنها فى إدراك العمق خاصة إذا كان المنبه الهدف مبهما (Ramachandran, 1986).

كما تؤكد نظرية **جيبسون** أيضاً على أهمية الحركة لإدراك المسافة سواء كانت هذه الحركة ناتجة عن حركة جسم الفرد مثل المشى أو تحريك الرأس أو الجذع، أو ناتجة عن حركة الأشياء مثل حركة الطيور والحيوانات والسيارات والطائرات...إلخ، ولذلك فإن الحركة وفقاً لهذه النظرية تقدم للمشاهد معلومات هامة عن إدراك المسافة.

كذلك تؤكد هذه النظرية على أهمية مفهوم الإتاحة لإدراك العمق، وهذا المفهوم يعنى الاستخدامات المختلفة للشىء المرئى التى تساعد الفرد على إدراك هذا الشىء. فالشجرة مثلاً يمكن للفرد أن يتسلقها، أو يجلس على الأرض ويسند ظهره على جذعها، ولكنه لايستطيع أن يرفعها بيديه فى الهواء ويلقى بها بعيداً على الأرض، وفضلا عما سبق فإن هذه النظرية تؤكد أيضاً على دور المراكز البصرية بالقشرة المخية فى تعزيز إدراك العمق من خلال عملية التغذية

المرتجعة وخاصة الخلايا العصبية التى تستجيب للتفاوت بين العينين فى هذه المراكز البصرية (Cutting, 1993; Greeno, 1994).

وخلاصة القول :إن إدراك العمق وفقا لنظرية **جيبسون** يتطلب بيئة غنية بالمعلومات البصرية، وجهازاً بصرياً سليماً يستطيع استقبال وتشفير معلومات العمق، وإنساناً مفكراً يمكنه ربط المعلومات المتاحة فى المشهد البصرى بالتوقعات المحتملة لإدراك منبهاته.

٣ - النظرية الحسابية :

تؤكد النظرية الحسابية على مجموعة من القواعد والإجراءات التى يمكن من خلالها حساب إدراك العمق حيث يتم تحليل المشهد البصرى إلى المنبهات المكونة له، وكذلك حساب المسافة بين هذه المنبهات باستخدام بعض قوانين الهندسة والفيزياء، كما تؤكد هذه النظرية أيضاً على أهمية المعرفة المسبقة بالمنبهات المختلفة لإدراك عمقها، ولذلك فإن أنصار هذه النظرية لا يكتفون بالإشارات البصرية الطبيعية فى المشهد البصرى لإدراك عمق منبهاته، ولكنهم يعدون أيضاً برامج كمبيوتر يمكنها تحديد إدراك العمق فى المشهد البصرى من خلال المعلومات التى يحتويها عن المسافة لأنهم يرون أن جميع المنبهات البصرية تحمل معلومات يمكن استخدامها فى تحديد وإدراك المسافة، كما أنهم يعتقدون أيضاً أن الجهاز البصرى يحتوى على وحدات بنائية إدراكية تختص بإدراك العمق من خلال معلومات المشهد البصرى والخبرة السابقة للفرد عن الأشياء التى يحتويها، وتركز هذه النظرية أيضاً على دور الحركة فى حساب إدراك العمق (Wandell,1995).

وتشترك النظرية الحسابية فى بعض مبادئها مع النظرية البنائية ولكنها تختلف عنها فى مدى مساهمة معرفة الفرد السابقة بالأشياء لإدراك عمقها حيث

يرى أنصار النظرية الحسابية أن إدراك الفرد للعمق يحتاج قدراً من المعرفة السابقة بالأشياء أقل من القدر الذى أشارت إليه النظرية البنائية، ولقد تأكد لهم ذلك من خلال دراساتهم العلمية التي أجريت في هذا المجال والتي أوضحت في نتائجها أن أفـراد العينـة كـانوا يستطيعون إدراك عمق الأشياء دون أن يكون لديهم معرفة مسبقة بها، كما تشترك النظرية الحسابية أيضاً في بعض مبادئها مع الإدراك المباشر الذى عرضه **جيبسون** في نظريته، ولكنها تختلف معه في مدى اشتراك العمليات العقلية في إدراك العمق حيث يرى أنصار النظرية الحسابية أن دور العمليات العقلية في إدراك العمق وفقا لهذه النظرية أكبر من الدور الذى أشار إليه **جيبسون** في الإدراك المباشر بنظريته (Marr, 1982; Wildes, 1990).

المراجـــــع

أولا : المراجع العربية :

١- **عبد الحليم محمود السيد وآخرون (١٩٩٠)**. علم النفس العام، الطبعة الثالثة ، مكتبة غريب بالقاهرة .

ثانيا: المراجع الاجنبية :

2-**Anderson, B.L., & Nakayama, K. (1994).** Toward a general theory of stereopsis: Binocular matching, occluding contours, and fusion. Psychological Review, 101, 414-445.

3- **Arditi, A. (1986).** Binocular vision. In K.R. Boff, L. Kaufman, & J.P. Thomas (Eds). Handbook of Perception and Human Performance (PP.2301-32041).

4- **Berbaum, K., Tharp, D., & Mroczek, K. (1983).** Depth perception of surfaces in pictures: Looking for conventions of depiction in pondora's box. Perception, 12,5-20.

5- **Bingham, G.P. (1993)**. Perceiving the size of trees: Form as information about scale. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 19,1139-1161.

6- **Blake, R. (1988).** Aneural theory of binocular rivalry. Psychological Review, 96, 145-167.

7- **Blake, R.,yang, Y., &Wilson, H.R. (1991)**.On the coexistence of stereopsis and binocular rivalry.Vision Research, 14, 585-586.

8- **Braunstein, M.L., & Stern K.R. (1980).** Static and dynamic factors in the perception of rotary motion. Perception and Psychophysics, 4, 313-320.

9- **Bruno, N., &cutting, J.E. (1988).** Minimadularity and the perception of layout. Journal of Experimental Psychology : General, 117, 161-170.

10- **Cavanagh, P., & Leclerc, Y.G. (1989).** Shape from shadows. Journal of Experimental psychology: Human Perception and Performance, 15, 3-27.

11- **Cohen, D. (1992).** Convexity assumed. Unpublished manuscript.

12- **Coren, S., Porac, C., & Duncan, P. (1981).** Lateral preference in pre-school children and young adults. Child Development, 52,443-450.

13- **Craton, L.G., & Yonas, A. (1990).**The role of motion in infants' perception of occlusion. In J.T. Enns(Ed.), The development of attention: Research and theory (PP.21-46). Amsterdam: Elsevier.

14- **Cutting, J.E. (1986).** Perception with on eye for motion. Combridge, MA:MIT Press.

15- **Cutting, J.E. (1993).** Perceptual artifacts and phenomena: Gibson's role in the 20th century. In S.C.Masin (Ed.), Foundations of Perceptual Theory (PP.231-260). NewYork: ELsevier.

16- **Cutting, J.E., Springer, K., Braren, P.A, &Johnson, S.H. (1992).**Wayfinding on foot from information in netinal, not optical, flow. Journal of Experimental Psychology : General, 121(1), 41-72.

17- **Dalzeil, C.C.,& Egan, D.J. (1982).** Crystalline Lens thickness Changes as observed by Pachometry. American Journal of Optometry and Physiological Optics, 59,442-447.

18- **Deregowski, J.B. (1984).** Distortion in art: the eye and the mind. London: Routledge & Kegan Paul.

19- **Enright, J.T. (1987.a).** Artand the oculomotor system: Perspective illustrations evoke vergence changes. Perception, 16,731-746.

20- **Enright, J.T. (1987.b).** Perspective vergence: Oculomotor responses to line drawings. Vision Research, 27, 1513-1526.

21- **Foley, J.M. (1991,A.).** Binocular space perception. In D.M.Regan (Ed), Vision and visual dysfunction: Binocular Vision and Psychophysics (PP:75-91). New york: Macmillan.

22- **Foley, J.M. (1991,B.).**Stereoscopic distance perception. In S.R. Ellis (Ed.), Pictorial communication in virtual and real environments (PP.558-566). London: Taylor & Francis.

23- **Gibson, J.J. (1979).** The ecological approach to visual perception. Boston : Houghton Mifflin .

24- **Greeno, J.G. (1994).** Gibson.s affordances. Psychological Review, 101, 336-342.

25- **Gunderson, V.M., Yonas, A., Sargent, P.L.& Grant Webster, K.S. (1993).** Infant macaque monkeys respond to pictorial depth. Psychological science, 4(2), 93-98:

26- **Hagen, M.A. (1986).** Varieties of realism: Geometries of representational art. Cambridge: Cambridge University Press.

27- **He, Z.H., & Nakayama, K. (1994).** Perceived surface shape not features determines correspondence strength in apparent motion. Vision Research, 34,2125-2135.

28- **Hochberg, J. (1994).** Perceptual theory and visual cognition In S. Ballesteros (Ed.), Cognitive approaches to human perception (PP.269-289) Hillsdale, NJ:Erlbaum.

29- **Honda, H. (1984).** Functional between-hand differences and outflow eye position information. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 36A, 75-88.

30- **Johnston, E.B. (1991).** Systematic distortions of shape from stereopsis. Vision Research, 31,1351-1360.

31- **Liter, J.C., Branstein, M.L., & Hoffman, D.D. (1994).** Inferring structure from motion in two-view and multi-view displays. Perception, 22,1441-1465.

32- **Livingstone, M., & Hubel, D. (1988)**. Segregation of form, color, movement, and depth: Anatomy, physiology, and perception. Science, 240, 740-749.

33- **Loomis, J.M., Da silva, J.A., Fujita, N., & Fukusima, S.S. (1992).** Visual space perception and visually directed action. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 18, 906-921.

34- **Marr, D. (1982).** Vision: A computational investigation into the human representation and processing of visual information. Son Francisco : Freeman.

35- **Mershon, D.H., Jones, T.A., & Taylor, M.E. (1993)**. Organizational factors and the perception of motion in depth. Perception & Psychophysics, 54,240-249.

36- **Michaels, C.F., & Carello, C. (1981).** Direct perception. Englewood cliffs, NJ: Prentice-Hall.

37- **Morrison, J.D., & Whiteside, T.C.D. (1984).** Binocular cues in the perception of distance of a point source of light . Perception, 13,555-566.

38- **Nakayama,K. (1994).** James J. Gibson-An appreciation. Psychological Review, 101, 329-335.

39- **Nakayama, K., Shimojo, S., & Silverman, G.H. (1989).** Stereoscopic depth : Its relation to image segmentation, grouping, and the recognition of occluded objects. Perception, 18, 55-68.

40- Patterson, R., & Martin, W.L. (1992). Human stereopsis. Human Factors, 34, 669-692.

41- Porace, C.,& Coren, S. (1986). Sighting dominance and egocentric localization. Vision Research, 26, 1709-1713.

42-Predebon, J. (1992). The influence of object familiarity on magnitude estimates of apparent size. Perception, 21,77-90.

43- Proffitt, D.R., Rock, I., Hecht, H.,& Shubert, J. (1992). The stereokinetic effect and its relation to the kinetic depth effect. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 18, 3-21.

44- Ramachandran, V.S. (1986). Utilitarian theory of prception. Paper Presented at the meeting of the American Psychological Association,Washington, DC.

45- Reichel, F.D., & Todd, J.T. (1990). Perceived depth inversion of smoothly curved surfaces due to image inversion . Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 16, 653-664.

46- Rogers, B.J., & Collett, T.s. (1989). The appearance of surfaces specified by motion parallax and binocular disparity. quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental psychology, 41, 697-717.

47- Sedgwick, H.A. (1986). Space perception. In k. R. Boff, L. Kaufman, & J.P.Thomas (Eds.), Handbook of perception and human performance(PP.21.1-21.57). New york: Wiley.

48- **Sekuler, A.B.,& Palmer, S.E. (1992).** Perception of partly occluded objects: Amicrogenetic analysis. Journal of Experimental Psychology : General, 121, 95-111.

49- **Srinvasan, M.V.(1992).** Distance Perception in insects. Current Directions in psychological Science, 1, 22-26.

50- **Stark, L ., & Bridgeman, B. (1983).** Role of corollary discharge in space constancy. Perception & Psychophysics, 34, 371-380.

51- **Tittle, J.S., Todd, J.T., Perotti, V.J.,& Norman, J.F. (1995).** Systematic distortion of perceived three-dimensional structure from motion and binocular stereopsis. Journal of Experimental psychology: Human Perception and Performance, 21, 663-678.

52- **Todd, J.T., & Norman, J.F. (1991).** The visual perception of smoothly curved surfaces from minimal apparent motion sequences. Perception & Psychophysics sics, 50, 509-523.

53- **Tyler, C.W. (1991.a).**Cyclopean vision. In D. Regan (Ed.), Binocular Vision (PP.38-74) New york: Macmillan.

54-**Tyler, C.W. (1991.b)**.The horopter and binocular fusion.In D. Regan (Ed.), Binocular vision (pp.19-37). New york: Macmillan.

55- **Uttal, W. (1981).** Ataxonomy of visual processes. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

56- **Van Damme, W.J. M., O osterhoff, F.H., & Van de Grind, W.A. (1994).** Discrimination of 3-D Shape and

3-D Curvature from motion in active vision. Perception & Psychophysics, 55, 340-349.

57- **Van der Meer, H.C. (1979).** Interrelation of the effects of binocular disparity and perspective cues on judgments of depth and height. Perception & Psychophysics, 26, 481-488.

58- **Wallach, H. (1985).**Learned stimulation in space and motion perception. American psychologist, 40,399-404.

59- **Wallach, H., Gillam, B., & Cardillo, L. (1979).** Some consequences of stereoscopic depth constancy. Perception & Psychophysics, 26, 235-240.

60- **Wandell, B.A. (1995).** Foundations of vision. Sunderland, MA: Sinauer.

61- **Weisstein, N., Maguire, W., & Brannan, J.R. (1992).** M and P Pathways ond the perception of figure and ground. In J.R.Brannan (Ed.), Application of parallel processing in vision (PP.137-166). Amsterdam: North- Holland .

62- **Wildes, R.P. (1990).** Computational Vision with reference to binocular stereo vision. In K. N. Leibovic (Ed). Science of vision (PP.332-364). New york: Springer-Verlag.

63- **Williams, D. (1992).** Cooperative parallel processing in depth, motion and texture perception. In J.R. Brannan (Ed.), Applications of parallel processing in vision (PP.167-225). Amsterdam: North-Holland.



الفصل الخامس
إدراك الأحجـــــام

المحتويـــات

إدراك الأحجــــام

عندما تنظر حولك فى البيئة المحيطة بك ستجد أن الأشياء المألوفة التى تعرف حجمها الطبيعى تبدو لك بأحجام مختلفة حيث تكبر أو تصغر أحجامها وفقاً لبعدها عنك،. فالأشياء القريبة منك تراها بحجمها الطبيعى، بينما يقل حجمها تدريجياً كلما بعد موقعها عنك، وهذا يعنى أن إدراك الأحجام يرتبط ارتباطاً عكسياً بالمسافة التى تقع بين الفرد ومواقع الأشياء فى المشهد البصرى. فإذا كان هنــاك شـيئان متساويان تقريباً فى حجميهما الطبيعى وكانا يبعدان عنك بمسافتين مختلفتين فإن الشىء القريب منهما سيبدو لك حجمه أكبر من حجم الشىء البعيد.

أما إذا كان هذان الشيئان مختلفين فى حجميهما الطبيعى (أحدهما صغير والآخر كبير) ويبعدان عنك بمسافة واحدة فيمكنك التمييز بين حجميهما من خلال المقارنة بين حجمى زاويتى الإبصار التى تتكون على شبكية العين لكل منهما من الحواف الخارجية لمحيط الشكل، ولما كان أحد هذين الشيئين كبير الحجم لذلك فإن زاوية الإبصار المتكونة له على شبكية العين ستكون أكبر من تلك التى تتكون للشىء الآخر صغير الحجم، ومعنى ذلك أن زاوية الإبصار تستخدم للمقارنة والتمييز بين الأحجام المختلفة للأشياء التى تبعد عن الفرد بمسافة واحدة.

وأما إذا كانت الأشياء تبعد عن الفرد بمسافات مختلفة فإن زاوية الإبصار لاتصلح فى هذه الحالة للتمييز بين أحجام الأشياء. فمثلاً إذا كان هناك شىء صغير الحجم يقع على بعد (٢٠) متر من الفرد، وكان هناك شىء آخر يشبهه يقع فى نفس الاتجاه على بعد (٤٠) متر، وكان حجمه الطبيعى ضعف حجم

الشيء الأول صغير الحجم. فنظراً لأن الشيء كبير الحجم يبعد عن الفرد بمسافة تعادل ضعف المسافة التى يبعد بها الشيء صغير الحجم، وأيضاً يبلغ حجمه ضعف حجم الشيء صغير الحجم، لذلك فإن زاوية الإبصار المتكونة له ستساوى زاوية الإبصار المتكونة للشيء الآخر صغير الحجم رغم اختلاف حجميهما الطبيعى، وهذا يعنى أن زاوية الإبصار لا تصلح للتمييز بين أحجام الأشياء التى تبعد عن الفرد بمسافات مختلفة، بل يجب التمييز بين الأحجام فى هذه الحالة وفقاً لبعد المسافات التى تفصل بين الفرد ومواقع هذه الأشياء (Kameko & Uchikawa, 1993).

كذلك تؤثر الحركة على إدراك الأحجام. فإذا كانت هناك أشياء تتحرك فى حركة دائرية فإن الشيء ذا الحركة السريعة سيبدو لك حجمه أصغر من حجم الشيء ذى الحركة البطيئة. أما إذا كانت هذه الأشياء تتحرك فى حركة أفقية فإن حجمها المدرك سيزداد تدريجياً كلما اقترب موقعها منك بينما سيقل هذا الحجم تدريجياً كلما بعد موقعها عنك (Van Erning, *et al*, 1988).

افترض أنك ذهبت فى رحلة لإحدى المطارات ووقفت بالقرب من أحد الممرات حيث تقف الطائرات فإنك سوف ترى هذه الطائرات بأحجامها الطبيعية لأن موقعها يكون قريباً منك، وبمعنى آخر فإن المسافة القصيرة التى تفصل بين موقعك ومواقع هذه الطائرات التى تقف ساكنة على الممر تجعلك تدركها بأحجامها الطبيعية . أما إذا أقلعت إحدى هذه الطائرات فإن حجمها المدرك سوف يقل تدريجياً كلما ابتعدت عنك حتى يتناهى هذا الحجم فى الصغر ويصعب على بصرك رؤيته، وعلى النقيض من ذلك إذا تأملت الطائرات التى تحلق فى الجو وهى قادمة نحو المطار فسوف يبدو لك حجمها صغيراً وهى بعيدة،

وسوف يزداد حجمها المدرك تدريجياً كلما إقتربت من المطار، ونخلص من ذلك بأن إدراك أحجام الأشياء يرتبط ارتباطاً وثيقا بالمسافة التى تقع بين الفرد ومواقع هذه الأشياء.

كذلك تؤثر هيئة الأشياء على إدراك أحجامها. فالأشياء المستطيلة الشكل تبدو للرائى أكبرحجماً من الأشياء الدائرية الشكل التى لها نفس المساحة وتبعد عن الرائى بنفس المسافة فى المشهد البصرى. كذلك يؤثر السياق على إدراك الأحجام، فإذا عرض شىء ما على خلفية (أرضية) كبيرة ثم عرض نفس الشىء على خلفية صغيرة فإن حجم هذا الشىء على الخلفية الكبيرة سوف يبدو أكبر من حجمه على الخلفية الصغيرة. كما تؤثر درجة النصوع أيضاً على إدراك الأحجام. فإذا عرض شىء شديد النصوع على خلفية داكنة، ثم عرض نفس هذا الشىء بعد ذلك على خلفية ناصعة فإن حجمه على الخلفية الداكنة سيبدو أكبر من حجمه على الخلفية الناصعة وهذا يعنى أن اختلاف درجة نصوع الشكل عن الأرضية يجعل الحجم المدرك للشىء يبدو أكبر من حجمه الذى يبدو عليه إذا عُرض على أرضية تشبه أو تقترب من درجة نصوع هذا الشىء (Carrasco & Sekuler, 1993).

ثبات الأحجام:

إن ثبات الأحجام يعنى أن الأشياء المألوفة التى تقع على مسافات مختلفة من موقع الفرد تبدو له بنفس أحجامها الطبيعية رغم التغير الذى يحدث فى أحجام الصور المتكونة لهذه الأشياء على شبكية العين. وبمعنى آخر أن الحجم المدرك للأشياء يظل ثابتا رغم التغير الذى يحدث فى أحجامها المرئية والذى يختلف باختلاف المسافات التى تقع بين موقع الفرد ومواقع هذه الأشياء (Morgan, 1989).

فالأشياء القريبة يراها الفرد بأحجامها الطبيعية، أما الأشياء البعيدة فإن أحجامها تقل تدريجيا كلما بعد موقعها عن الفرد، ويتغير تبعاً لذلك حجم الصور المتكونة لها على شبكية العين، ورغم هذا التغير فى أحجام هذه الأشياء فإن الفرد يدركها بأحجامها الطبيعية حيث يقوم الجهاز البصرى بتقدير الحجم النسبى لهذه الأشياء من خلال زاوية الإبصار التى تقع على شبكية العين لحواف كل شيء من هذه الأشياء، ثم يقوم أيضاً بتقدير المسافة النسبية لمواقع هذه الأشياء لتحديد أى هذه الأشياء أقرب للفرد من الأخرى، ومن خلال معلومات الحجم النسبى والمسافة النسبية والمعلومات المخزنة فى الذاكرة البصرية عن الحجم الحقيقى لهذه الأشياء يقوم الجهاز البصرى بتصحيح إدراك أحجام هذه الأشياء، ولذلك تبدو له بنفس أحجامها الطبيعية رغم تغير أحجامها المرئية (النسبية) على شبكية العين وفقاً لبعدها عن الفرد **(Morgan, 1992)**.

ولما كانت معالجة الجهاز البصرى لثبات الأحجام تقوم على تقدير الحجم النسبى للأشياء وكذلك تقدير المسافة النسبية التى تقع بين الفرد ومواقع هذه الأشياء، لذلك سنعالج كل منهما باختصار فيما يلى:

أولاً: تقدير الحجم النسبى للأشياء:

إن الحجم النسبى للأشياء يعنى الحجم الذى يراه الفرد بالفعل لهذه الأشياء فى المشهد البصرى حيث تبدو له الأشياء القريبة كبيرة الحجم، بينما تبدو له الأشياء البعيدة صغيرة الحجم، ويقوم الجهاز البصرى بحساب الحجم النسبى للشيء المرئى من خلال حجم زاوية الإبصار التى تتكون على شبكية العين من الحواف الخارجية لهذا الشيء **(Nakayama, 1994)**. فمثلاً إذا كان الجدار المقابل لك فى الغرفة التى تجلس فيها يحتوى على باباً وشباكاً فمن الطبيعى أن

يكون حجم الباب أكبر من حجم الشباك، ولذلك فإن زاوية الإبصار التى تقع على شبكية العين للحواف الخارجية للباب تكون أكبر من تلك الزاوية التى تتكون من الحواف الخارجية للشباك. وهذا يعنى أن الحجم النسبى للباب أكبر من الحجم النسبى للشباك، ويختلف الحجم النسبى (المرئى) للأشياء وفقاً لبعد موقعها عن الرائى حيث يقل هذا الحجم كلما بعد موقع الشىء المرئى عن الفرد.

انظر إلى الشكل رقم (٣٥) الذى عرضناه فى الفصل الرابع حيث يحتوى هذا الشكل على صورة بها عدد من الكلاب التى تقف فى صف واحد ولكن أحجامها تتناقص تدريجيا من كلب إلى آخر، وهذا يعنى أن الأحجام النسبية لهذه الكلاب تتناقص تدريجياً من كلب إلى آخر، وبالتالى فإن زاوية الإبصار التى تتكون للأحجام النسبية لهذه الكلاب تقل تدريجياً هى الأخرى من زاوية إلى أخرى وفقاً للأحجام النسبية لكل كلب من هذه الكلاب.

ثانياً: تقدير المسافة النسبية لمواقع الأشياء:

إننا ندرك أحجام الأشياء وفقاً لبعدها عنا وليس وفقاً لحجمها النسبى الذى نراه فى المشهد البصرى، ولذلك تلعب إشارات المسافة دوراً أساسياً فى تقدير المسافة النسبية لمواقع الأشياء أى تحديد أى هذه الأشياء أقرب للرائى من الأشياء الأخرى وهذا ما أكدت عليه نتائج الدراسات العلمية التى أجريت فى هذا المجال. ففى الدراسة التى أجراها كل من هارفى، ليبوتز (Harvey & Leibo-witz, 1967) بينت النتائج أن إشارات التقارب والتباعد، وتكيف العين كانت من أهم إشارات المسافة التى استخدمها أفراد عينة الدراسة لتقدير المسافة النسبية لمواقع الأشياء.

كذلك أوضح **هيل (Hell, 1978)** في نتائج دراسته أن إشارات الحركة الناتجة عن تحريك أفراد عينة الدراسة لرؤسهم قد ساعدتهم على تقدير المسافة النسبية لمواقع الأشياء التي استخدمت في هذه الدراسة، وأيضاً بين كل من **ماكي، ويلش (Mc Kee & Welch, 1992)** في نتائج الدراسة التي أجرياها أن إشارات التفاوت بين العينين ساعدت أفراد العينة على تقدير المسافة النسبية لمواقع الأشياء التي كان فيها كل من المنبه الهدف، والمرجعي (الذى يتم مقارنة المسافة وفقاً لبعده عن الفرد) يبعدان عن موقع جلسة أفراد العينة بمسافة واحدة.

وهناك حقيقة هامة نود أن نبينها في هذا المقام وهي: أنه رغم أهمية إشارات المسافة في تقدير المسافة النسبية لمواقع الأشياء إلا أنها لا تصلح بالضرورة لجميع المسافات التي تقع عندها الأشياء في المشاهد البصرية حيث يختص كل نوع من هذه الإشارات بتقدير المسافة النسبية للأشياء التي تبعد عن الفرد بمسافة معينة. فمثلاً إشارات الحجب والاعتراض تبين فقط الشيء الذى يقع أمام الشيء الآخر في المشهد البصرى، أما إشارات الأحجام فإنها تعتمد على المعرفة الدقيقة بأحجام الأشياء وأبعاد حوافها ولذلك لا يصلح هذا النوع من الإشارات لتقدير المسافة النسبية لمواقع الأشياء غير المألوفة للفرد، وأما إشارات تكيف العين فإنها تستخدم لتقدير المسافة النسبية لمواقع الأشياء القريبة التي يقل بعدها عن مترين من موقع الفرد، ولذلك لا تصلح هذه الإشارات لتقدير المسافة النسبية للأشياء التي تبعد عن الفرد بمسافة كبيرة **(Legge, *et al*, 1987)**.

وأما بالنسبة لإشارات التقارب والتباعد فرغم أنها تعد واحدة من أفضل إشارات المسافة التي تستخدم لتقدير المسافة النسبية لمواقع الأشياء إما بطريقة

مباشرة من خلال التقارب الذى يحدث لحدقتى العينين، أو بطريقة غير مباشرة من خلال النبضات العصبية التى تنتقل من الجهاز العصبى إلى الألياف العصبية التى تتحكم فى حركات العين، إلا أن هذه الإشارات لا تصلح لتقدير المسافة النسبية للأشياء التى تبعد عن الفرد بمسافة تزيد عن ثمانية أمتار (Foley, 1980; Norman, *et al*, 1996).

وأيضاً إشارات الحركة رغم أنها تعد هى الأخرى من الإشارات القوية لتقدير المسافة النسبية لمواقع الأشياء، إلا أنه قد ينجم عنها فى بعض الأحيان تقديرات خاطئة للمسافة النسبية لأن الجهاز البصرى يقدر المسافة النسبية للأشياء المتحركة من خلال تمييزه لسرعة حركة الصور المتكونة لهذه الأشياء على شبكية العين. فقد يكون جسم الفرد ورأسه فى وضع ثابت والشىء الذى يراه الفرد يتحرك حركة سريعة فى خط مستقيم تجاه الفرد، ورغم هذه الحركة السريعة لهذا الشىء إلا أن الصورة التى تتكون له على شبكية العين قد تظل فى موقع ثابت على الشبكية، أو تتحرك عليها حركة بطيئة ولذلك فإن تقدير المسافة النسبية لموقع هذا الشىء المتحرك يكون غير صحيح فى هذه الحالة (Huber & Davies, 1995).

أما إشارات تدرج النسيج فعلى الرغم من أنها تستخدم لتقدير المسافة النسبية والعمق من خلال زيادة كثافة الوحدات المكونة للنسيج، إلا أنه يؤخذ عليها أن عدم الانتظام والتناسق فى توزيع وحدات النسيج يؤدى إلى تقدير خاطئ للمسافة النسبية. فمثلاً إذا كان هناك مشهد بصرى تتكون وحداته من الحصى والصخور وكان الحصى يقع فى الجزء الأسفل من المشهد البصرى بينما تقع الصخور فى الجزء الأعلى منه فإذا حكمنا على عمق هذا المشهد البصرى وفقاً لإشارات تدرج النسيج التى مؤداها أن الوحدات الأكثر كثافة فى النسيج

هى الأكثر عمقا فإن حكمنا فى هذه الحالة سيكون خاطئاً لأن كميات الحصى التى تقع فى الجزء الأسفل من المشهد البصرى هى الأقرب إلينا والأكثر كثافة، أما كميات الصخور التى تقع فى الجزء الأعلى من هذا المشهد البصرى فرغم أنها أبعد من الحصى، إلا أنها أقل كثافة ولذلك لا تصلح إشارات تدرج النسيج لتقدير المسافة النسبية لمواقع الأشياء التى لا ينتظم فيها توزيع وحدات النسيج.

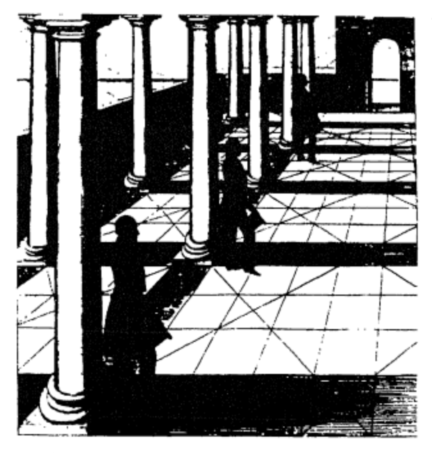
وأما بالنسبة لإشارات المنظور الخطى فإنها تعتمد على نقصان المسافة النسبية بين مواقع الأشياء التى توجد فى صف واحد فى الأفق مثل أعمدة التليفونات أو الكهرباء، ولذلك فإنها تشبه إشارات تدرج النسيج فى نقصان المسافة النسبية بين الوحدات المكونة لكل منهما كلما بعدت مواقع هذه الوحدات، ولكن يؤخذ على إشارات المنظور الخطى أن عدم انتظام السطح مثل زيادة ارتفاع أو انحدار بعض أجزائه يجعل الجهاز البصرى يخطئ فى تقدير المسافة النسبية للأشياء التى تقع فى المناطق التى يتغير مستوى سطحها عن مستوى سطح المنظور الخطى **(Norman, *et al*, 1996)**.

ونستخلص مما سبق أن التقدير الصحيح للمسافة النسبية لمواقع الأشياء يستلزم تعدد إشارات المسافة فى المشهد البصرى بحيث إذا كانت إحدى هذه الإشارات تقدم معلومات غير صحيحة عن مواقع الأشياء فإن الجهاز البصرى يستعين بالمعلومات الصحيحة التى تقدمها إشارات المسافة الأخرى التى توجد فى المشهد البصرى للحكم على المسافة النسبية لمواقع الأشياء التى يحتويها المشهد البصرى.

دور إشارات المسافة فى ثبات الأحجام:

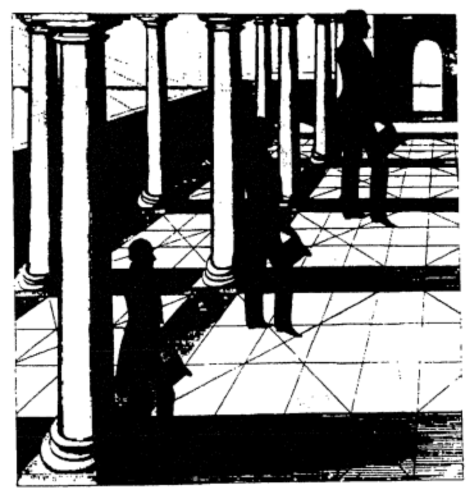
تلعب إشارات المسافة دوراً هاماً فى ثبات الأحجام، ولكى تتبين من ذلك انظر إلى الشكل رقم (٤٣) وهو عبارة عن صورة لممر طويل يقف فيه ثلاثة

رجال فى ثلاثة مواقع مختلفة، ورغم أن حجم صورة الرجل الثالث (البعيد) تبلغ ثلث حجم صورة الرجل الأول إلا أننا ندرك أن هؤلاء الرجال الثلاثة متساوون فى الحجم الطبيعى، وهذا يعنى أن الجهاز البصرى يقدر الحجم النسبى والمسافة النسبية فى آن واحد ثم يصحح الحجم المدرك للأشياء وفقاً للمسافة النسبية بحيث يُرى حجم هذه الأشياء ثابتاً رغم اختلاف أحجامها النسبية، ولذلك فإننا ندرك أن هؤلاء الرجال الثلاثة متساوون فى الأحجام الحقيقية لأجسامهم رغم اختلاف أحجام صورهم فى هذه الصورة.



شكل (٤٣) يعرض صورة توضح ثبات الحجم حيث يقف ثلاثة رجال فى ممر طويل ولذلك تختلف أحجامهم فى هذه الصورة وفقا لبعد مواقعهم عن الكاميرا التى التقطت هذه الصورة، ورغم ذلك ندركهم جميعا بنفس الحجم.

أما فى الشكل رقم (٤٤) فرغم أن صور الرجال الثلاثة فى هذا الشكل بنفس الحجم، إلا أننا ندرك أن الرجل الثانى أكبر حجما من الرجل الأول (القريب)، كذلك ندرك أن الرجل الثالث (الأخير) أكبر حجما من الرجل الثانى، وأكبر بكثير من حجم الرجل الأول وهذا يعنى أن إشارات المسافة التى توجد فى هذا المشهد البصرى (إشارات المنظور الخطى، وتدرج النسيج) جعلتنا نغير إدراكنا لأحجام الرجال الثلاثة وفقاً للمسافة النسبية لمواقعهم .(Chevrier & Delorme, 1983)



شكل (٤٤) يعرض صورة تبين دور إشارات المسافة فى ثبات الأحجام.

ومن الجدير بالذكر أن زيادة عدد إشارات المسافة فى المشهد البصرى تؤدى إلى زيادة مصداقية حكمنا على ثبات الأحجام، أما المشاهد البصرية التى تقل فيها إشارات المسافة أو تُزال منها بهدف التجريب فإن الأفراد يخطئون فى تقديرهم لثبات أحجام الأشياء التى تحتويها هذه المشاهد البصرية (Roscoe, 1989)، ولعل أفضل دراسة وجدناها فى التراث المتاح لنا تبين مدى أهمية إشارات المسافة لثبات الأحجام تلك الدراسة التى أجراها كل من هارفى، ليبويتز Harvey & Leibowitz عام (١٩٦٧) حيث قام الباحثان فى هذه الدراسة بفحص ثبات الأحجام لدى أفراد عينة دراستهما وذلك فى مواقف تحتوى على أعداد مختلفة من إشارات المسافة، ومواقف أخرى تمت فيها إزالة إشارات المسافة من المشهد البصرى بهدف التجريب لذلك كان أفراد العينة ينظرون للمشهد البصرى من خلال ثقب صغير لا يسمح لهم برؤية أى نوع من إشارات المسافة الطبيعية.

ولقد بينت هذه الدراسة فى نتائجها أن أفراد العينة كانوا يحكمون حكماً صحيحاً على ثبات أحجام الأشياء فى المواقف التى تتعدد فيها إشارات المسافة، بينما كانوا يخطئون فى حكمهم على هذا الثبات فى المواقف التى تقل فيها إشارات المسافة، أما المواقف التى أزيلت منها الإشارات الطبيعية للمسافة فقد كان أفراد العينة يحكمون حكماً صحيحاً على ثبات أحجام الأشياء التى تبعد عنهم بمسافة تقل عن (١٢٠) سم، أما الأشياء التى كان يزيد بعدها عن تلك المسافة فكانوا يخطئون فى حكمهم على ثبات أحجامها.

ولقد فسر الباحثان تمكن أفراد العينة من الحكم الصحيح على ثبات أحجام الأشياء القريبة فى المواقف التى أزيلت منها إشارات المسافة الطبيعية بأن

الجهاز البصرى لدى هؤلاء الأفراد قد استعان بإشارات المسافة الفسيولوجية مثل إشارات التقارب والتباعد، وتكيف العين فى تقدير الأحجام النسبية للأشياء، والمسافة النسبية لمواقعها، ولذلك كان حكمهم صحيحاً على ثبات أحجام الأشياء القريبة (Harvey & Leibowitz, 1967).

تفسير ثبات الأحجام

لقد قدم العلماء المهتمون بهذا المجال ثلاثة آراء تفسر ثبات الأحجام. فالرأى الأول منها مؤداه أن ثبات الأحجام يرجع لألفة الفرد بالأشياء ومعرفته الدقيقة بأحجامها الحقيقية. فإذا كنت مثلاً تعرف الحجم الحقيقى لطائرة الركاب فإنك سوف تدركها بنفس هذا الحجم عندما تشاهدها وهى تحلق فى الجو رغم أن حجمها النسبى (المرئى) يقل تدريجياً كلما بعدت عنك، ولكن الجهاز البصرى يقوم بحساب الحجم المدرك للشىء المرئى من خلال معلومات المسافة النسبية لموقع الشىء المرئى، وحجم الصورة المتكونة له على شبكية العين.

أما الرأى الثانى فإنه يفسر ثبات الأحجام وفقاً للحجم النسبى للأشياء التى توجد فى المشهد البصرى بمعنى أن الفرد يدرك حجم المنبه الهدف مقارنة بأحجام الأشياء الأخرى التى توجد معه فى المشهد البصرى أو السياق. فمثلاً إذا وضعت حقيبة كتبك فوق مكتبك وكان حجم هذه الحقيبة يبلغ عُشر حجم المكتب فإن الصورة المتكونة على شبكية عينك للحقيبة ستبلغ هى الأخرى عُشر حجم الصورة المتكونة على الشبكية للمكتب. فإذا مشيت بعيداً عن هذا المكان ونظرت إلى المكتب فإن الصورة المتكونة على شبكية عينك للمكتب والحقيبة سوف تصغر وفقاً لبعدك عن موقع المكتب ورغم ذلك ستظل النسبة بين حجم كل منهما ثابتة على الشبكية مهما بعد موقعك لأن الجهاز البصرى يحسب ثبات حجم الشىء من خلال حساب النسبة بين حجمه وحجم الأشياء الأخرى التى توجد معه فى المشهد البصرى.

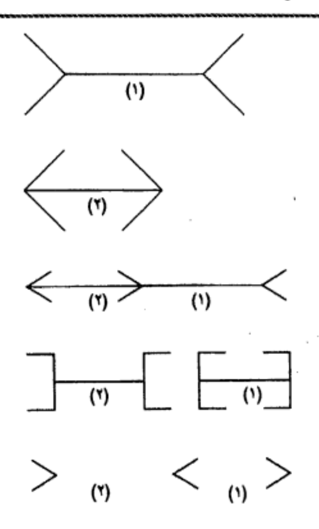
وأما الرأى الثالث فإنه يفسر ثبات الأحجام وفقا لإشارات تدرج النسيج. فمثلاً إذا كانت أرضية المشهد البصرى تتكون من وحدات تزداد كثافتها تدريجياً كلما بعد موقعها عنا مثل بلاط الأرضيات. فإن الشيء الذى يقع على مسافة بعيدة فوق هذه الأرضية رغم أنه يبدو لنا صغير الحجم إلا أننا ندركه بحجمه الحقيقى حيث تعمل إشارات تدرج النسيج (الكثافة المضطردة لوحداته) على تصحيح إدراكنا لهذا الشيء، ولذلك ندركه بحجمه الحقيقى رغم صغر حجمه الذى نراه به فى المشهد البصرى (Michaels & Carell, 1981; Rock, 1983).

الخداع البصرى فى إدراك الأحجام

إن الخداع البصرى لإدراك الأحجام يعنى أن إدراكنا لأحجام الأشياء لا ينطبق على واقعها المادى وأحجامها الحقيقية، ومن خلال استقرائنا للتراث المتاح وجدنا أن العلماء الذين عالجوا خداع إدراك الأحجام قد تناولوها إما فى صورة خداعات إدراكية لطول الأشياء أو لمحيطاتها، وسوف نقدم عرضاً سريعاً ومختصراً لأهم ما وجدناه فى التراث المتاح لنا عن الخداعات البصرية لإدراك الأحجام فيما يلى:

١ - خداع مولر، ولاير:

يُعد خداع **مولر، ولاير Muller & Lyer** المبين فى الشكل رقم (٤٥) من أكثر خداعات الطول التى تناولتها الدراسات العلمية، ورغم أن المستقيمات رقم (١)، ورقم (٢) المبينة فى هذا الشكل متساوية فى طولها الحقيقى إلا أن المستقيمات التى تتجه فيها الأسهم نحو الداخل تبدو لنا أطول بنسبة (٢٥٪) من طول المستقيمات التى تتجه فيها الأسهم نحو الخارج بمعنى أنه إذا كان الطول الحقيقى لهذه المستقيمات ٨ سم فإن المستقيمات التى تتجه فيها الأسهم نحو الداخل تبدو لنا بطول ١٠ سم (Lown, 1988).

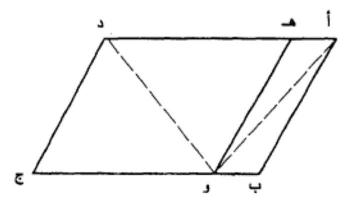


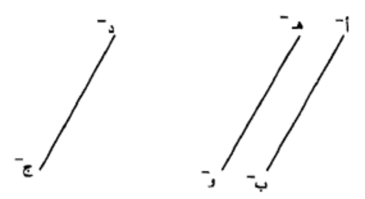
شكل (٤٥) يبين خداع مولار، ولاير. فرغم أن المستقيم (١) يساوى المستقيم (٢) فى كل شكل من هذه الأشكال، إلا أننا ندرك أن المستقيمات التى تتجه فيها الأسهم نحو الداخل أكبرمن تلك التى تتجه فيها الأسهم نحو الخارج.

٢ - خداع ساندر لمتوازى الأضلاع

يعد خداع ساندر **Sander** لمتوازى الأضلاع من خداعات الطول التى حظيت باهتمام الباحثين فى الأونة الأخيرة وهو موضح فى الشكل رقم (٤٦)، فمتوازى الأضلاع أ ب جـ د المبين فى هذا الشكل يحتوى بداخله على

المثلث (أ و د) المتساوى الساقين حيث إن طول الضلع (أ و) فى هذا المثلث يساوى طول الضلع (و د)، ورغم ذلك يبدو الضلع (و د) بأنه أطول من الضلع (أ و). أما إذا حذفنا المستقيمين العلوى والسفلى لمتوازى الأضلاع كما هو موضح فى الجزء الأسفل من هذا الشكل، وحذفنا أيضا ضلعى المثلث اللذان يقعان داخل متوازى الأضلاع. فرغم أن طول المسافة بين (أ⁻ و⁻) تساوى طول المسافة بين (و⁻ د⁻)، إلا أن المسافة التى بين (و⁻ د⁻)تبدو لنا أطول من المسافة التى بين (أ⁻ و⁻) (Row - Boyer & Brosvic, 1990).

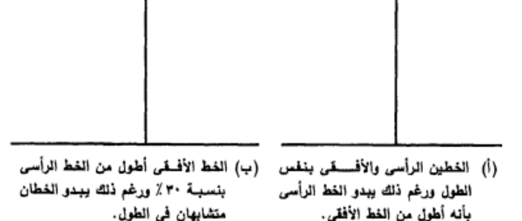




شكل (٤٦) يوضح خداع ساندر لمتوازى الأضلاع

٣ - خداع تقدير المسافة الأفقية - والرأسية

يبين الشكل رقم (٤٧) خداع تقدير المسافة الأفقية والرأسية الذى عرضه **فونت عام (١٨٥٨م)** وهو نوع من أنواع خداع تقدير الطول. ففى الشكل (أ) رغم أن الخطين الرأسى، والأفقى متساويان فى الطول. إلا أن الخط الرأسى يبدو لنا وكأنه أطول من الخط الأفقى. أما فى الشكل (ب) فبالرغم من أن الخط الأفقى أطول من الخط الرأسى بنسبة (٣٠٪)، إلا أن هذان الخطين يبدوان وكأنهما بنفس الطول **(عبد الحليم محمود وآخرون، ١٩٩٠)** .



(أ) الخطين الرأسى والأفقى بنفس الطول ورغم ذلك يبدو الخط الرأسى بأنه أطول من الخط الأفقى.

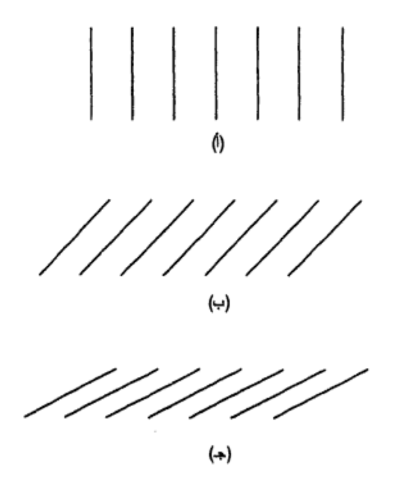
(ب) الخط الأفقى أطول من الخط الرأسى بنسبة ٣٠٪ ورغم ذلك يبدو الخطان متشابهان فى الطول.

شكل (٤٧) يوضح خداع تقدير المسافة الأفقية - والرأسية

٤ - خداع المسافات الفاصلة

يعد خداع المسافات الفاصلة من خداعات الطول وهو يعنى أن المسافات الأفقية المتساوية التى تفصل بين الخطوط الرأسية تبدو وكأنها تقل كلما زاد ميل هذه الخطوط نحو الاتجاه الأفقى. انظر إلى الشكل رقم (٤٨) فعلى الرغم من أن

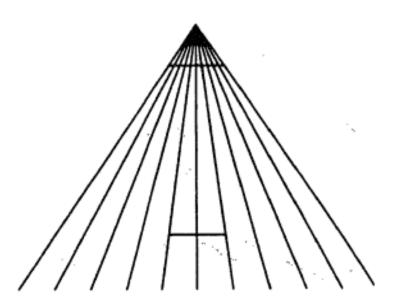
جميع المسافات التى تفصل بين جميع الخطوط المبينة فى الأشكال (أ، ب، ج) متساوية ، إلا أنها تبدو فى الشكل (ب) بأنها أقل من تلك المسافات المبينة فى الشكل (أ)، كما أن مسافات الشكل (ج) تبدو وكأنها أقل من تلك المسافات الموضحة فى الشكل (ب) رغم أن جميع هذه المسافات متساوية فى حقيقة الأمر (Mather, *et al*, 1991).



شكل (٤٨) يبين خداع المسافات الفاصلة فرغم أن المسافات الفاصلة بين جميع هذه الخطوط متساوية إلا أنها تبدو لنا وكأنها تقل كلما زاد ميل هذه الخطوط نحو الاتجاه الأفقى.

٥ ـ خداع بونزو:

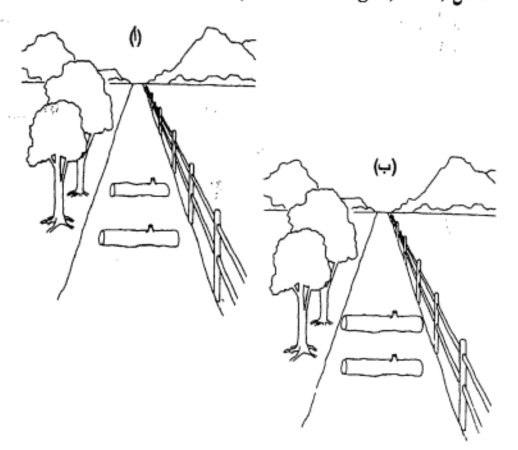
يعد خداع **بونزو Ponzo** من خداعات الأحجام التى تناولتها كثير من الدراسات العلمية التى عالجت إدراك الأحجام. انظر إلى الشكل رقم (٤٩) الذى يبين هذا النوع من خداع الأحجام ستجد أنه يوحى بالعمق لأن الخطوط الرأسية فى هذا الشكل تقترب من بعضها حتى تلتقى معا أعلى هذا الشكل ولذلك فإنها تشبه إشارات المنظور الخطى التى عرضناها فى الفصل السابق والذى تبدو فيه خطوط السكك الحديدية وكأنها تقترب من بعضها كلما بعدت المسافة. ويحتوى خداع **بونزو** المبين فى الشكل رقم (٥٠) على خطين أفقيين متساويين فى طولهما الحقيقى، ولكن إشارات العمق فى هذا الشكل تجعل الخط العلوى منهما يبدو وكأنه أطول من الخط السفلى **(Gregory, 1973)**.



شكل (٤٩) يوضح خداع بونزو. فرغم أن الخطان الأفقيان فى هذا الشكل متساويان، إلا أن الخط العلوى منهما يبدو لنا أطول من الخط السفلى.

انظر أيضا إلى الشكل رقم (٥٠) وهو رسم توضيحى يبين مثالاً آخر لخداع **بونزو**. فرغم أن جذعى الشجرة فى الشكل (أ) مرسومان بحجمين

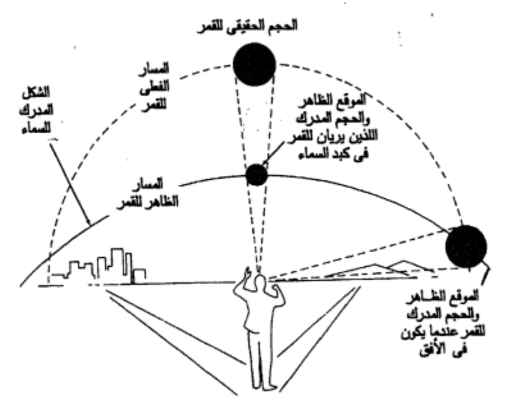
مختلفين، إلا أن إشارات العمق التى فى هذا الشكل تجعلنا ندرك أن الجذعين متساويان فى أحجامهما الحقيقية، أما إذا نظرت إلى الشكل (ب) فبالرغم من أن جذعى الشجرة مرسومان فى هذا الشكل بحجمين متساويين، إلاأن إشارات العمق فى هذا الشكل تجعلنا ندرك أن الجذع الأعلى أكبر حجماً من الجذع الأسفل (Coren & Girgus, 1978).



شكل (٥٠) يبين خداع بونزو. فجذعا الشجرة فى الشكل (أ) مرسومان بحجمين مختلفين ولكن إشارات العمق تجعلنا ندرك أنهما متشابهان فى الحجم، أما فى الشكل (ب) فرغم أن الجذعين مرسومان بحجمين متساويين إلا أن إشارات العمق توحى بأن الجذع الأعلى أكبر حجما من الجذع الأسفل.

٦ - خداع القمر:

يعد خداع القمر المبين في الشكل رقم (٥١) من أهم أنواع الخداعات البصرية في إدراك الأحجام حيث يبدو حجم القمر في الأفق أكبر مرة ونصف من حجمه عندما يكون في كبد السماء. ولقد اجتهد بعض العلماء لتفسير خداع القمر. ففريق منهم يرى أن الناس يدركون السماء على شكل طبق مفلطح تبتعد حوافه عند الأفق ولذلك فإنهم يدركون أن موقع القمر في الأفق أبعد من موقعه الذي يكون في كبد السماء، ومن ثم فإن حجم القمر في الأفق يبدو لهم أكبر من حجمه الذي يرونه به عند مايكون القمر عمودياً في كبد السماء (Plug & Ross, 1989).



شكل (٥١) يوضح خداع القمر حيث يبدو لنا القمر عندما يكون في الأفق بأن حجمه يكون أكبر مرة ونصف من الحجم الذي نراه به عندما يكون وسط السماء.

أما الفريق الثانى فإن رأيهم عكس ذلك حيث يفسرون خداع القمر بأن الجهاز البصرى يقوم بتقدير الحجم المدرك للقمر والمسافة النسبية لموقعه، وعندما يحكم بعد ذلك على موقع القمر فإنه يستخدم معلومات الحجم المدرك فقط ويتجاهل معلومات المسافة النسبية ، ثم يستنتج بعد ذلك أن الأشياء البعيدة تبدو صغيرة الحجم، ولذلك يدرك الناس أن موقع القمر فى كبد السماء أبعد من موقعه فى الأفق. ويرى هؤلاء العلماء أيضاً أن الشكل المسطح الذى تبدو به السماء لا يتسبب فى خداع القمر، ولكنهم يعتقدون أن المشهد البصرى الذى تبدو فيه السماء وكأنها تلتقى مع الأرض عند الأفق يجعل الناس يدركون السماء على أنها مسطحة، وهو أيضاً الذى يُحدث خداع القمر (Kaufman & Rock, 1989).

وأما الفريق الثالث فإنهم يرون أن الأرض والسماء يشكلان معاً إطاراً مرجعياً للحكم على حجم القمر سواء كان موقعه فى الأفق أو فى كبد السماء، ويؤكد هؤلاء العلماء على أن القمر يبعد عنا بمسافة ثابتة سواء كان موقعه فى الأفق أو وسط السماء. فعندما يكون موقعه فى الأفق فإن الفرد يحكم على حجمه وفقاً لإطاره المرجعى الذى يضم جزءاً من الأرض وجزءاً من السماء، وعندما يقوم الجهاز البصرى بمقارنة حجم الصور المتكونة على شبكية العين للأشياء التى تقع فى الأفق فإن القمر يبدو من بينها كبير الحجم. أما إذا كان موقع القمر فى كبد السماء فإن الفرد يحكم على حجمه وفقاً لإطاره المرجعى الذى يتمثل فى الحجم الكبير للسماء، ولذلك يبدو القمر صغير الحجم لأن الجهاز البصرى يدرك الأشياء على أنها صغيرة الحجم إذا كان إطارها المرجعى كبيراً، بينما يدركها على أنها كبيرة الحجم إذا كان إطارها المرجعى صغيراً ولذلك يبدو حجم القمر فى كبد السماء أصغر من حجمه فى الأفق (Baird, *et al*, 1990).

المراجــــع

أولا: المراجع العربية

١- **عبد الحليم محمود السيد، وآخرون، (١٩٩٠)**. علم النفس العام ، الطبعة الثالثة مكتبة غريب بالقاهرة .

ثانيا: المراجع الاجنبية

2- **Baird, J.C., Wagner, M., & Fuld, K. (1990)**. A simple but powerful theory of the moon illusion. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 16, 675-677.

3- **Carrasco, M., & Sekuler, E.B. (1993).** An unreported size illusion, Perception, 22, 313- 322.

4- **Chevrier, J., & Delorme, A. (1983).** Depth perception in Pandora's box and size illusion: Evolution with age. Perception, 12,177- 185.

5- **Coren, S. & Girgus, J.S. (1978).** Seeing is deceiving: The psychology of visual illusions. Hillsdale, N.J: Erlbaum.

6- **Epstein, W. (1978).** Two factors in the perception of velocity at a distance. Perception & Psychophysics, 24, 105-114.

7- **Foley, J.M. (1980).** Binocular distance perception . Psychological Review, 87, 411-434.

8- **Gregory, R.L.(1973).**The confounded eye. In R.L. Gregory & E.H. Gombrich (Eds.), Illusion in nature and art (PP.12-41). NewYork : Scribner's.

9- **Harvey, L.O., Jr., & Leibowitz, H. (1967).** Effects of exposure duration, cue reduction and temporary monocularity on size matching at short distances. Journal of the Optical Society of America, 57, 249-253.

10- **Hell, W.(1978).** Movement parallax: An asymptotic function of amplitude and velocity of head motion, Vision Research, 18, 629-635.

11-**Huber, J., & Davies, I.(1995).** Motion parallax : A weak cue for depth in telepresence systems. Perception (Supplement). 24,106.

12- **Kaneko, H., & Uchikawa, K. (1993).** Apparent relative size and depth of moving objects. Perception, 22, 537-547.

13- **Kaufman, L., & Rock, I. (1989).** The moon illusion thirty years later. In M. Hershenson (Ed.), The moon illusion (PP.193-234). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

14- **Landy, M.S., Maloney, L.T., Johnston, E.B., & Young, M. (1995).** Measurement and modeling of depth cue combination: In defense of weak fusion. Vision Research, 35, 389-412.

15- **Legge, G.E., Mullen, K.T., Woo, G.C., & Campbell, F. (1987).** Tolerance to visual defocus. Journal of the Optical Society of America, A.4,851-863.

16- **Lown, B.A. (1988).** Quantification of the Muller Lyer illusion using signal detection theory. Perceptual and Motor Skills, 101-102.

17- **Mather, G., O'Halloran, A., & Anstiz, S. (1991).** The spacing illusion: A spatial aperture problem? Perception, 20, 387-392.

18- **Mckee, S.P., & Welch, L. (1992).** The precision of size constancy. Vision Research, 32, 1447-1460.

19- **Michaels, C.F., & Carello, C. (1981) .** Direct perception. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

20- **Morgan, M.J. (1992).** On the scaling of size Judgments by Orientational cues. Vision Research, 32, 1433-1445.

21- **Morgan, M.J. (1989)**.Vision of solid objects. Nature, 339,101-103.

22- **Nakayama, K. (1994).** James J. Gibson-on appreciation. Psychological Review, 101, 329-335.

23- **Norman, J.F., Todd, J.T, Perotti, V.J., & Tittle, J.S. (1996)**. The visual perception of 3-D length. Journal of Experimental psychology : Human Perception and Performance, 22, 173-186.

24- **Plug, C., & Ross, H.E. (1989).** Historical review. In M. Hersheson (Ed.), The moon illusion (PP.5-27). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

25- **Rock, I.(1983).** The Logic of perception. Combridge, MA: MIT Press.

26- **Roscoe, S.N. (1989)**. The zoom-lens hypothesis. In M. Hershenson (Ed.), The moom illusion (PP. 31-58). Hillsdale, NJ:Erlbaum.

27- **Rowe- Boyer, M.M., & Brosvic, G.M. (1990).** Procedure- Specific estimates of structural and strategic factors in the horizontal- Vertical illusion. Perceptual and Motor Skills, 70, 571- 576.

28- **Van Erning, L.J.T.O., Gerrits, H.J.M., & Eijkman, E.G.J (1988).** Apparent size and receptive field properties. Vision Research, 28, 407-418.

29- **Yellott, J.I. (1981).** Binocular depth inversion. Scientific American, 245(1), 148-159.



الفصل السادس
إدراك الحركـــــة

المحتويـــات

- أنـــواع الحركـــة.
  - أولاً: الحركة الحيوية.
  - ثانياً: الحركة الظاهرية.
    أنواع الحركة الظاهرية.
- مصادر معلومـات الحركـة.
- المسارات العصبية لمعلومات الحركة ومراكز معالجتها بالمخ.

إدراك الحـركـة

إن رؤية المنبهات البصرية تستلزم تحرك الصور المتكونة لها على شبكية العين، وترجع هذه الحركة إما لتحرك الأشياء التى نراها مثل حركة الناس والسيارات فى الشارع وحركة الطيور التى تحلق فى السماء..إلخ، وإما أنها ترجع لتحرك أعضاء جسم الفرد الرائى مثل حركات الانحناء والدوران وتحريك الرأس والعينين، وجميع هذه الحركات ضرورية وأساسية فى عملية الرؤية لأنها تغير موقع الصور المتكونة لهذه الأشياء على المستقبلات الضوئية فى شبكية العين لأن ثبات الصورة مدة طويلة على مستقبلات ضوئية محددة فى الشبكية تجعلها تعجز عن استقبال المعلومات البصرية من الشىء المرئى الأمر الذى يجعل هذا الشىء يتلاشى من الرؤية، وقد سبق لنا بيان ذلك تفصيلاً عند معالجتنا للجهاز البصرى فى فصل سابق. أما إذا كان الشىء المرئى ثابتاً وكان جسم الفرد الرائى فى وضع ثابت أيضاً فإن عينيه تقومان بحركات اهتزازية لتغيير موقع الصورة المتكونة لهذا الشىء على المستقبلات الضوئية فى الشبكية.

ونظراً لهذه الأهمية البالغة للحركة فى عملية الإدراك البصرى. لذلك فإن عيوننا تغير من وجهتها فى المجال البصرى باستمرار، وفى جميع الحالات التى تكون عليها هيئة أجسامنا سواء كنا نسير على أقدامنا، أو نركب سيارة، أو فى حالة استرخاء على الكرسى أو السرير. ومن الجدير بالذكر أن الجهاز البصرى يستجيب لحركة الأشياء قبل التعرف عليها. فمثلاً إذا كان هناك شيئاً يتحرك بسرعة نحو رأسك، فإن جهازك البصرى يدرك هذه الحركة قبل أن يعرف كينونة هذا الشىء مما يجعلك تحرك رأسك بسرعة يميناً أو يساراً، أو تخفضها لأسفل لكى تتفادى هذا الشىء قبل أن يصطدم برأسك، ولكنك لا تنتظر حتى تتعرف عليه ثم تحرك رأسك لتتفاداه إن كان صلباً.

ولقد شغل موضوع الحركة تفكير بعض العلماء لذلك أجروا بعض الدراسات العلمية التى هدفت إلى معرفة المراحل العمرية التى يستطيع فيها الأطفال إدراك الحركة، ولقد بينت نتائج إحدى هذه الدراسات أن الأطفال الرضع فى عمر أسبوع يستطيعون إدراك حركة الأشياء، ويحركون رؤسهم لتفادى أى شيء يقترب منها قبل أن يصطدم بها **(King, *et al*, 1992)**، كما أظهرت نتائج دراسة أخرى أن الأطفال الرضع يستطيعون تتبع حركة الأشياء التى تتحرك أمام عيونهم بمجرد ولادتهم **(Morton & Johnson, 1991)**.

وهناك ظاهرة هامة تبين أهمية إدراك الإنسان للحركة والتى يطلق عليها إبصار العميان Blindsight وهى تحدث للأفراد الذين كان لديهم رؤية طبيعية ثم أصيبوا بعد ذلك بتلف فى جزء من المناطق المسؤلة عن الرؤية فى القشرة المخية، ولذلك فإن هؤلاء الأفراد لا يستطيعون رؤية الأشياء التى تعالج معلوماتها البصرية فى الجزء الذى حدث به تلف فى القشرة المخية، وهذا يعنى أن هؤلاء الأفراد لديهم عمى جزئى للمجال البصرى، ورغم ذلك بينت نتائج بعض الدراسات العلمية أن الأفراد الذين لديهم عمى جزئى للمجال البصرى يستطيعون تتبع حركة الأشياء فى جزء المجال البصرى الذى لا يستطيعون رؤية الأشياء فيه ولكنهم لا يستطيعون التعرف على هذه الأشياء وتمييزها **(Zeki, 1993)**.

ولقد قام بعض العلماء بتعقب مسار المعلومات البصرية التى تستقبلها عيون هؤلاء الأفراد من جزء المجال البصرى الذى حدث له عمى جزئى، وبينت نتائج دراساتهم العلمية أن هناك عدداً قليلاً جداً من خلايا النواة الركبية الجانبية

التى ذكرناها عند معالجتنا للجهاز البصرى هى المسئولة عن إدراك الحركة لدى هؤلاء الأفراد (Cowey & Stoerig, 1995; Kaas, 1995)، بينما ذكر فريق آخر من العلماء أنهم وجدوا بعض الخلايا العصبية السليمة فى المناطق البصرية بالقشرة المخية التى حدث بها تلف ، ويعتقد هؤلاء العلماء أن هذه الخلايا العصبية السليمة هى المسئولة عن إدراك الحركة لدى هؤلاء الأفراد (Gazzaniga, *et al*, 1994).

ويتمتع جهازنا البصرى بقدرة فائقة على التحديد الدقيق لمواقع الأشياء سواء كانت الأشياء هى التى تتحرك، أو كان الفرد هو الذى يتحرك. فمثلاً إذا شاهدت مباراة كرة قدم ستجد أن اللاعبين والكرة دائمو الحركة فى الملعب ورغم ذلك يستطيع اللاعبون تحديد موقع واتجاه الكرة بدقة رغم استمرار تحركهم وتغيير مواقعهم وكذلك تحرك الكرة المستمر وتغيير موقعها. أما إذا كانت الأشياء ثابتة والفرد يتحرك فإنه يستطيع تحديد مواقع الحفر والعوائق التى تقع فى طريقه ويتجنبها حتى لا يصطدم بها (Regan, 1992).

أنــواع الحـــركة

تنقسم الحركة إلى نوعين رئيسين هما: الحركة الحقيقية للأشياء، وهى تعنى الحركة الفعلية للكائنات الحية وغير الحية. ولقد اهتمت الغالبية العظمى من الدراسات العلمية التى أجريت فى هذا المجال بالحركة الحقيقية للكائنات الحية والتى أطلق عليها العلماء الحركة الحيوية، وهى تعنى الطريقة التى تتحرك بها الكائنات الحية وسوف نركز عليها نحن الآخرون فى هذا العرض. أما النوع الثانى فهوالحركة الظاهرية وهى تعنى الخداع البصرى للحركة حيث تبدو لنا الأشياء الثابتة وكأنها تتحرك. ونقدم عرضاً مختصراً لهذين النوعين من الحركة فيما يلى:

أولاً: الحركة الحيوية:

يعود هذا المصطلح على المجموعة الدقيقة والمتناسقة من أنماط الحركة التي تتم من خلال التركيب الهيكلي لجسم بشرى مثل الأنماط الحركية التي يقوم بها فرد متجول في مكان ما. ومعنى ذلك أن إدراكنا للحركة الحيوية يتم من خلال معرفتنا السابقة بالطريقة التي تتحرك بها الكائنات الحية.

ويعتبر **جوهانسون Johansson** أول من درس الحركة الحيوية من خلال ما أطلق عليه عرض الضوء النقطي حيث أجرى في عام (١٩٧٦) دراسة هدفت إلى معرفة ما إذا كان أفراد عينة دراسته يستطيعون التعرف على الأنماط الحركية المختلفة مثل المشي والجرى من خلال عرض الضوء النقطي. ولقد جعل الباحث مكان العرض مظلماً ثم ثبت عدة مصابيح كهربائية صغيرة ينبعث منها ضوء ضعيف جداً على المفاصل الرئيسية لكتفي ومرفقي ومعصمي وردفي وركبتي وكاحلي الفرد الذي كان يقوم بعرض الأنماط الحركية كما هو موضح في الشكل رقم (٥٢) ثم قام بتصويره على شريط فيديو وهو يقوم بعدة أنماط حركية مختلفة.

بعد ذلك عرض الباحث الفيلم الذي تم تصويره على أفراد العينة، ولما كان هذا الفيلم قد تم تصويره في الظلام، لذلك لم يرى أفراد العينة الفرد الذي كان يقوم بالعرض ولكنهم كانوا يرون فقط أضواء عدة مصابيح تتحرك في ظلام دامس، ورغم ذلك استطاعوا أن يعرفوا أن هذه الحركة كانت لإنسان، واستطاعوا أيضاً أن يميزوا بين الأنماط الحركية المختلفة التي كان يقوم بها مثل المشي، والجرى، وتقليد الأعرج **(Johansson, 1976.a)**.

وفى نفس ذلك العام أجرى **جوهانسون** دراسة أخرى للحركة الحيوية من خلال عرض الضوء النقطى بنفس الطريقة التى استخدمها فى الدراسة السابقة ولكنه استخدم رجلين فى العرض وثبت على مفاصلهما أضواء متشابهة وجعلهم يؤدون معاً رقصة شعبية. وقد بينت نتائج هذه الدراسة أن أفراد العينة استطاعوا أن يعرفوا من هذا العرض أن هذه الأضواء كانت على جسدى رجلين كانا يقومان برقصة شعبية (Johansson, 1976.b).



شكل رقم (٥٢) يبين نموذجاً لعرض الضوء النقطى الذى استخدمه جوهانسون فى دراسة للحركة الحيوية حيث قام بوضع مصابيح صغيرة على المفاصل الرئيسية للفرد الذى يقوم بالعرض .

وفضلاً عما سبق فإن عرض الضوء النقطى يمكن أن يبين لنا مقدار جهد الفرد الذى يقوم بالعرض رغم أنه لا يُرى منه إلا الأضواء المثبتة على مفاصله (Rosenblum, *et al*, 1993) وهذا ما أسفرت عنه نتائج دراسة أخرى أجراها **جوهانسون** عام (١٩٨٥) حيث كان الفرد الذى يقوم بعرض الضوء النقطى يؤدى تمرينات الضغط الرياضية، وقد استطاع أفراد عينة هذه الدراسة الذين شاهدوا العرض أن يميزوا بدقة بين الأداء الرشيق فى بداية التمرين للفرد الذى كان يقوم بالعرض، عن الأداء البطىء والضعيف وغير المنتظم الناتج عن إجهاد جسم هذا الفرد فى نهاية التمرين(Johansson,1985) .

ولقد ذهب كل من **كوتنج، وبروفيت** Cutting & Proffit لما هو أبعد من ذلك حيث أجريا دراسة عام (١٩٨١) هدفا من ورائها إلى معرفة قدرة أفراد عينة دراستهما فى التعرف على أُناس مألوفين لهم وذلك من خلال عرض الضوء النقطى. لذلك جمع الباحثان أفراد العينة مع الأفراد المألوفين لديهم وقاما بتصويريهم معاً بعرض الضوء النقطى عندما كانوا يرقصون رقصة شعبية، وبعد مرور عدة شهور من تصوير الباحثين لهؤلاء الأفراد، استدعياهما فرادى وطلبا منهم أن يتعرفوا على أنفسهم وعلى أصدقائهم عند مشاهدتهم لفيلم الفيديو الذى تم تصويره لهم أثناء قيامهم بعرض الضوء النقطى.

ورغم أن شاشة العرض لم تظهر إلا أضواءً عديدة متحركة، إلا أن أفراد العينة استطاعوا أن يتعرفوا على أنفسهم وعلى أصدقائهم بشكل صحيح، وعندما سئلوا عن الأسباب التى جعلتهم يتعرفون بدقة على أنفسهم وعلى أصدقائهم أثناء مشاهدتهم للفيلم الذى لم يُظهر إلا أضواءً متحركة أجابوا بأن معرفتهم السابقة ببعضهم جعلتهم يعرفون جيداً الأنماط الحركية التى تميز كل فرد منهم

مثل طريقة المشى، ومقدار أرجحة الذراعين، وطول الخطوات، هذا إلى جانب معرفتهم أيضاً بالفروق الفردية فى أبعاد الجسم مثل العرض النسبى للأكتاف، والأرداف...إلخ (Cutting & Proffit, 1981).

وفضلاً عما سبق بينت نتائج إحدى الدراسات العلمية أن أفراد العينة استطاعوا تحديد جنس الفرد الذى كان يقوم بعرض الضوء النقطى. بل تمكنوا من ذلك أيضاً فى العروض التى احتوت على أضواء مشوشة استخدمت فى التصوير لتشتيت انتباه أفراد العينة (Barclay, *et al*, 1978) كما أوضحت نتائج دراسة أخرى أن أفراد العينة استطاعوا تحديد جنس الفرد من خلال عرض الضوء النقطى لمنطقة الوجه فقط (Berry, 1990; Berry & Misovich, 1994)، وفى دراسة أخرى استطاع أفراد العينة من خلال عرض الضوء النقطى أن يميزوا الحركة الحيوية لبعض الحيوانات التى اشتركت فى هذا العرض مثل الجمل والحصان والقطة (Mather & West, 1993).

إدراك الفرد المتحرك للحركة الحيوية :

إن إدراك الحركة الحيوية التى أشرنا إليها فى عرض الضوء النقطى كان فيها المشاهدون يجلسون أمام شاشة العرض لمتابعة عرض الضوء النقطى بمعنى أن هؤلاء الأفراد كانوا فى وضع ثابت عند مشاهدتهم للحركة الحيوية. أما إذا كان الفرد يتحرك فإن إدراكه للحركة الحيوية يصبح أكثر تعقيداً، ولعل أفضل مثال يبين إدراك الفرد المتحرك للحركة الحيوية ما نشاهده فى مباريات الكرة الطائرة حيث يتحرك اللاعب فى أماكن واتجاهات مختلفة، كما يأخذ جسمه – أيضاً – أوضاعاً مختلفة فى نفس الوقت الذى تقوم فيه عيناه بحركات تتبعية لتعقب مسار الكرة المتحركة من جهة، وكذلك لتحديد موقع الشبكة من جهة أخرى، ولمتابعة زملائه فى الفريق والذين يكونون هم أيضاً فى حالة حركة مستمرة.

ورغم كل ذلك يستطيع الجهاز البصرى لدى الفرد أن يتابع جميع هذه الحركات ويحدد بدقة اتجاهاتها وسرعتها ومصدرها سواء كانت ناجمة عن حركة الأفراد أم عن حركة الأشياء (**Warren, *et al*, 1990**).

ويحضرنا سؤال يطرح نفسه مؤداه: كيف نرى العالم ثابتاً من حولنا رغم حركتنا المستمرة؟، ونستقى الإجابة عن هذا السؤال من نتائج الدراسات العلمية التى أجراها **ولاش Wallach** فى عامى (١٩٨٥، ١٩٨٧) والتى بينت أن هناك عمليات تعويضية عديدة تحدث فى المراكز البصرية بالقشرة المخية حيث تتفاعل فيها معلومات الأشياء المرئية فى المشهد البصرى مع معلومات الجهاز العصبى عن حركات الجسم المختلفة وينجم عن هذا التفاعل نوع من الثبات يسمى ثبات الحركة، ولذلك نرى العالم الذى يحيط بنا ثابتاً رغم حركتنا المستمرة وكذلك حركة الصور المتكونة للأشياء المرئية على شبكية العين (**Wallach, 1985 ;1987**).

ثانياً : الحركة الظاهرية :

تسمى الحركة الظاهرية بالخداع الحركى، وهى تعنى أن الأشياء الثابتة تبدو لنا وكأنها تتحرك، ويعتبر **فيرتهايمر Wertheimer** أول من درس الحركة الظاهرية بطريقة علمية عام (١٩١٢) حيث عرض على المفحوصين خطين منفصلين يضيئان بالتتابع فى حجرة مظلمة، وكان يغير زمن المدة الفاصلة بين إضاءة كل منهما، وقد بينت نتائج هذه الدراسة بأن المحاولات التجريبية التى كانت فيها المدة الفاصلة بين الضوئين قصيرة جداً كان المفحوصون يقولون أنهم رأوا خطين متلازمين مائلين، وعندما كانت هذه المدة طويلة كان المفحوصين يقولون أنهم رأوا خطين متوازيين يضيئان بالتتابع، ولكن عندما كانت هذه المدة متوسطة الطول فإن المفحوصين كانوا يقولون أنهم رأوا

خطاً واحداً يتحرك جيئة وذهاباً بين موقعين، وهذا يعنى أنهم قد حدث لهم خداع بصرى فى إدراك هذه الحركة والذى أطلق عليه العلماء فى تلك الحقبة الزمنية ظاهرة فاى Phi، ولكن العلماء الذين جاءوا بعد ذلك أطلقوا عليها الحركة الظاهرية لتمييزها عن الحركة الحيوية الحقيقية (Bahill & Karnavas, 1993).

انواع الحركة الظاهرية:

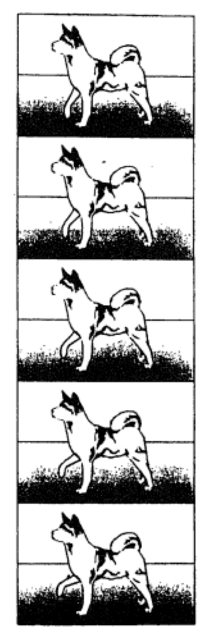
تنقسم الحركة الظاهرية لأربعة أنواع رئيسية هى: الحركة الاهتزازية، والحركة التلقائية، والحركة المحدثة، والتأثيرات البعدية للحركة، ونقدم عرضاً مختصراً لأنواع الحركة الظاهرية الأربعة فيما يلى:

١ - الحركة الاهتزازية:

تعتبر الحركة الاهتزازية نوعاً من أنواع الحركة الظاهرية. وبمعنى آخر أنها تعتبر نوعاً من خداع الحركة، وهى تنتج عن العرض السريع جداً لصور ثابتة تأخذ أوضاعاً مختلفة من الحركة الأمر الذى يجعل المستقبلات الضوئية فى شبكية العين تستقبل معلومات الحركة المتتالية والمتتابعة من هذه الصور وتدركها على أنها تتحرك. فعند مشاهدتك لفيلم سينمائى أو تليفزيونى، أو لفيلم من أفلام الكرتون. فإنك تعتقد أن الحركة التى تراها حقيقية، ولكن حقيقة الأمر أنك تشاهد صوراً ثابتة يتم عرضها فى تتابع عرضاً سريعاً حيث يتراوح عدد الصور المعروضة فى الثانية الواحدة ما بين (٢٤-٣٠) صورة، وهذا العرض السريع لصور الفيلم يجعل الأشياء التى تراها تبدو لك وكأنها تتحرك.

انظر إلى شكل (٥٣) وهو يبين نموذجاً للحركة الاهتزازية حيث يحتوى هذا الشكل على عدد من الصور الثابتة لكلب تأخذ رجله الأمامية اليمنى أوضاعاً حركية مختلفة. وإذا تم عرض هذه الصور عرضاً سريعا بالمعدل السابق الإشارة

إليه فسوف ترى جميع هذه الصور على أنها صورة واحدة لكلب يحرك رجله اليمنى الأمامية بمعنى أنها ستبدو لك كأنها تتحرك (Hochberg & Brooks, 1978).



شكل رقم (٥٣) يوضح نموذجا للحركة الاهتزازية

ويعتمد إدراكنا للحركة الاهتزازية على مواقع الأشياء فى المشهد الصرى، وكذلك على الفترات الزمنية التى تفصل بين ظهور هذه الأشياء. فإذا رأيت مثلا ضوءاً خاطفاً يومض فى الظلام، وبعد عشر ثوان ظهر ضوء آخر مثله فى موقع آخر من هذا المكان. فسوف يبدو لك هذان الضوءان كأنهما ضوء واحد يتنقل من الموقع الأول إلى الموقع الثانى، وعلى أية حال إن الفترة الزمنية المناسبة بين عرض الأشياء الثابتة التى تجعلنا ندركها وكأنها تتحرك تتراوح بين (٦٠-١٠٠) مللى ثانية وكلما زادت هذه الفترة الزمنية عن ذلك الحد قل إدراكنا للحركة، وأما إذا وصلت هذه الفترة إلى (٢٠٠) مللى ثانية فأكثر فإن إدراكنا للحركة ينعدم تماما **(Farrell, 1983)**.

وهناك عوامل أخرى تؤثر على إدراكنا للحركة الاهتزازية مثل شكل ولون ودرجة نصوع الأشياء. فإذا رأيت عرضاً سريعاً لمربع لونه أسود يليه مباشرة عرضاً آخر لدائرة سوداء ومربع أبيض له حواف سوداء فإن جهازك البصرى سوف يتجاهل المربع الأبيض الذى رأيته فى العرض الثانى وسوف يبدو لك المربع الأسود الذى رأيته فى العرض الأول بأن شكله قد تغير إلى الدائرة السوداء التى رأيتها فى العرض الثانى لأن جهازك البصرى يدرك الحركة الاهتزازية للأشياء التى تتشابه فى لونها أسرع من استجابته للحركة الاهتزازية للأشياء التى تتشابه فى شكلها **(Ccelli, *et al*, 1993)**، كذلك يدرك الناس الحركة الاهتزازية للأشياء المتشابهة التى يتغير حجمها فى العرض السريع وكأن حجمها يتمدد ويتقلص، أو كأنه يتحرك اللأمام والخلف **(Hershenson, 1992)**.

٢ - الحركة التلقائية :

إن الحركة التلقائية تعنى أن الشكل الثابت الذى تكون أرضيته (خلفيته) غير واضحة يبدو لنا وكأنه يتحرك. ويرى بعض الباحثين أن الحركات التلقائية

للعين هى المسئولة عن الحركة الظاهرية التلقائية، ففى الدراسة التى أجراها **مــاك Mack** عام (١٩٨٦م) والتى قام فيها بوضع عدسات لاصقة على عيون أفراد عينة دراسته ثم سجل الحركات التلقائية لعيونهم. بينت النتائج أن هناك علاقة ارتباطية موجبة بين الحركة الظاهرية التلقائية للشيء المعروض، وبين حركات العين التلقائية الأمرالذى جعله يؤكد على أن حركات العين التلقائية هى المسئولة عن الحركة الظاهرية التلقائية للأشياء **(Mack, 1986)**.

ويقل ادراكنا للحركة الظاهرية التلقائية إذا كان المشهد البصرى يجمع بين شيئين متشابهين يقعان بالقرب من بعضهما. ففى الدراسة التى أجراها **بوست وزملاؤه (Post, *et al*, 1982)** عندما وضعوا منبهاً آخر فى المشهد البصرى مع المنبه الهدف بحيث يشبهه تماماً ويبعد عنه بمقدار درجة واحدة من زاوية الإبصار وجدوا أن الحركة الظاهرية التلقائية للمنبه الهدف تقل بنسبة (٥٠٪) عن حركته فى المواقف التجريبية التى كان يختلف فيها المنبه المشوش عن المنبه الهدف فى الشكل أو اللون، أو فى بعد المسافة بينهما.

أما إذا علمنا مسبقاً باتجاه حركة المنبه الهدف فسوف يزداد إدراكنا للحركة التلقائية للمنبهات الأخرى التى توجد مع المنبه الهدف فى المشهد البصرى، وهذا ما توصلت إليه دراسة **ليبويتز وزملاؤه (Leibowitz, *et al*, 1983)** فى نتائجها حيث ذكر الباحثين بأنهم عندما كانوا يبلغون أفراد العينة بموقع ظهور واتجاه حركة المنبه الهدف فإن المنبهات الأخرى التى كانت توجد معه فى المشهد البصرى كانت تبدو لأفراد العينة وكأنها تتحرك فى الاتجاه المتوقع لحركة المنبه الهدف.

٣ - الحركة المحدثة :

تنقسم الحركة المحدثة إلى نوعين هما: الحركة المحدثة للأشياء، والحركة الذاتية المحدثة ونقدم عرضاً موجزاً لهذين النوعين من الحركة المحدثة فيما يلى:

أ - الحركة المحدثة للأشياء : إن الحركة المحدثة للأشياء تعنى أن الشيء الثابت إذا كان يحيطه إطار مرجعى متحرك فإن هذا الشيء يبدو للرائى كأنه يتحرك فى اتجاه مضاد لاتجاه حركة الإطار المرجعى فى حين يبدو الإطار المرجعى على أنه ثابت رغم أنه يتحرك. افترض أنك تجلس فى مكان مظلم وكانت هناك نقطة صغيرة ثابتة من الضوء يحيطها إطار مرجعى على شكل مستطيل حوافه مضيئة. فإذا تحرك هذا المستطيل جهة اليمين فإن نقطة الضوء الثابت ستبدو لك كأنها تتحرك جهة اليسار بينما سيبدو لك المستطيل على أنه ثابت، وأيضاً إذا نظرت إلى القمر وهو فى سماء ليلة صافية سيبدو لك القمر ثابتاً لا يتحرك، أما إذا كانت هناك سحابة تمر من نفس المكان الذى ترى فيه القمر وكانت تتحرك جهة اليسار فسوف يبدو لك القمر كأنه يتحرك جهة اليمين رغم أنه ثابت والسحابة هى التى تتحرك.

ويفسر العلماء هذه الظاهرة بأن الجهاز البصرى لدى الإنسان يدرك الشيء الأصغر حجماً فى المشهد البصرى على أنه يتحرك، أما الشيء الأكبر حجما والذى يمثل الإطار المرجعى الشيء الصغير فإن الجهاز البصرى يدركه على أنه ثابت وهذا يعنى أن الإطار المرجعى يتحرك حركة حقيقية، أما الشيء الثابت فإنه يتحرك حركة محدثة ولذلك يدرك الناس القمر وكأنه يتحرك فى حين تبدو لهم السحابة على أنها ثابتة (Rock, 1983).

ويرى فريق أخر من العلماء أن الخلايا العصبية المسئولة عن التأثيرات البعيدة فى المراكز البصرية بالقشرة المخية هى التى تجعلنا ندرك الحركة المحدثة للأشياء، بينما يرى فريق آخر من العلماء أن إدراكنا للحركة المحدثة للأشياء ينجم عن تفاعل معلومات الحجم والمسافة والحركة والعلاقات المكانية لكل من الشيء الثابت وإطاره المرجعى (Reinhardt- Rutland, 1988).

ب - **الحركة الذاتية المحدثة :** إن الحركة الذاتية المحدثية تعنى أن الحركة المفاجئة للأشياء التى تحيط بالفرد الثابت تجعله يشعر كأنه يتحرك رغم أنه يكون ثابتاً والأشياء المحيطة به هى التى تتحرك. فمثلاً إذا توقفت بسيارتك عند إشارة المرور الحمراء وكانت السيارات الأخرى المتوقفة تحيط بسيارتك، وعندما كنت مشغولاً بقراءة عدادات الوقود والحرارة فى سيارتك تحركت فجأة السيارات المجاورة لسيارتك بعد إضاءة إشارة المرور الخضراء فإنك عندئذ ستعتقد أن سيارتك هى التى تتحرك، وقد يدفعك هذا إلى الضغط على فرامل سيارتك رغم أنها متوقفة (Howard, 1982).

ويعرض لنا وود (Wood, 1985) مثالاً آخر للحركة الذاتية المحدثة حيث ذكر أن أحد الأماكن الترفيهية كان يوجد بها أرجوحة تسمى الأرجوحة المسكونة والتى تشبه القارب فى تصميمها وكان يحيط بها من الخارج عدد من المناظر الصناعية، وعندما كان الناس يدخلون هذه الأرجوحة فإن المناظر الصناعية المحيطة بها كانت تتحرك ببطء إلى الأمام والخلف مما يجعل هؤلاء الناس يشعرون كأن الأرجوحة هى التى تتحرك، ولذلك كان بعضهم يشعر بدوار الحركة وعدم القدرة على الثبات فى أماكنهم حيث كانوا يترنحون فى المكان الذى يقفون فيه رغم أن الأرجوحة كانت ثابتة فى حقيقة الأمر، والمناظر الطبيعية المحيطة بها هى التى تتحرك.

ويعتقد العلماء أن إدراك الحركة الذاتية المحدثة يعتمد على التحليل المستمر لجوانب الصور المتكونة للأشياء على شبكيات عيوننا. فإذا تحركت مثلاً إلى الأمام أو الخلف فإن معلومات المشهد البصرى ستشكل على شبكية عينك نمطين من المعلومات أحدهما ثابت والآخر متحرك. فالشيء الذى تركز عليه بصرك ستتكون له صورة ثابتة على شبكية عينك، أما الأشياء الأخرى التى تقع على جانبي المشهد البصرى فسوف تتكون لها صور متحركة على الأجزاء الطرفية من الشبكية (Larish & Flach, 1990). لذلك يؤكد العلماء على أن المعلومات التى تستقبلها عينا الفرد من مركز المجال البصرى تختص بالرؤية الحقيقية للأشياء التى تقع فى تلك المنطقة من المشهد البصرى، أما المعلومات التى تستقبلها العين من أطراف المجال البصرى فإنها تختص بالحركة الذاتية المحدثة بمعنى أن الأشياء التى تقع فى أطراف المشهد البصرى هى التى تجعلنا نشعر بالحركة الذاتية المحدثة (Delorme & Martin, 1986).

ويفسر العلماء إدراكنا للحركة الذاتية المحدثة بأنه ينتج عن محصلة التفاعل بين الجهازين البصرى الذى أشرنا إليه فى فصل سابق، والدهليزى الذى يختص بالإحساس بتوازن الجسم، ولكن هناك بعض الحالات التى لا تتفق فيها إشارات النبضات العصبية لهذين الجهازين مما يؤدى إلى شعور الفرد بالغثيان والقيء ودوار الحركة (Dizio & Lackner, 1986; Stern & Koch, 1991).

٤ - التأثيرات البعدية للحركة :

تُعد التأثيرات البعدية للحركة نوعاً من أنواع الخداع الحركى (الحركة الظاهرية)، وهى تحدث عندما ننظر مدة طويلة لشيء متحرك ثم نحول نظرنا

عنه فجأة لشيء ثابت حيث يبدو لنا الشيء الثابت وكأنه يتحرك في الاتجاه العكسي لاتجاه الحركة التي كنا ننظر إليها، وكلما طالت المدة الزمنية التي ننظر فيها للشيء المتحرك كلما زادت لدينا التأثيرات البعدية للحركة **(Hershenson, 1993)**.

ونخلص مما سبق بأن التأثيرات البعدية للحركة تحدث بعد رؤيتنا لحركة حقيقية، ويرى العلماء أن إدراكنا لهذا النوع من الخداع الحركي يرجع إما لتعود عيني الفرد على مشاهدة الحركة الحقيقية، وإما أنه يرجع لتعب وإجهاد الخلايا العصبية التي كانت تعالج معلومات الحركة الحقيقية لمدة طويلة، ولقد حاولت إحدى الدراسات العلمية معرفة العلاقة بين العمر الزمني للأفراد وتأثيرات الحركة البعدية، وقد بينت نتائجها عدم وجود علاقة بينهما بمعنى أن الأطفال الصغار كانوا يدركون التأثيرات البعدية للحركة تماماً مثل الراشدين، وهذا يدل على أن خبرة الراشدين السابقة بحركة الأشياء المختلفة ليس لها صلة بشعورهم بهذا النوع من الخداع الحركي **(Hershenson & Bader, 1990)**.

مصادر معلومات الحركة

إن معلوماتنا عن الحركة المدركة للأشياء نستقيها من مصدرين رئيسيين هما: المنبه المتحرك، وحركات العين التتبعية، ونقدم عرضاً مختصراً لهذين المصدرين لمعلومات الحركة فيما يلي:

أولاً: المنبـــــه:

يعد المنبه (الشيء) المتحرك مصدراً هاماً لمعلومات الحركة حيث تلعب سرعة حركة الأشياء دوراً رئيسياً في إدراك حركتها. فالأشياء البطيئة جداً التي تقع سرعة حركتها تحت عتبة الحركة لايستطيع الجهاز البصري إدراك

حركتها. انظر إلى ساعة الحائط فرغم أن عقرب الساعات يتحرك إلا أنك لا تدرك حركته، وأنظر أيضاً إلى الزرع الذى تشاهده يومياً فى مكان إقامتك أو عملك. فرغم أن أشجاره تنمو إلا أنك لا تدرك هذا النمو لأن هذه الحركة تقع تحت عتبة الحركة، وهذا يعنى أننا لا نستطيع إدراك حركة الأشياء التى تقع سرعة حركتها تحت عتبة الحركة، وأدنى قدر من الحركة يمكن للجهاز البصرى كشفه عند مسافة (٥٠) سم من موقع المنبه هو الحركة التى تبلغ سرعتها (٢،٥) ملليمتر فى الثانية (Kaiser & Calderone, 1991).

وهناك عوامل كثيرة تؤثر على إدراكنا للحركة منها اتجاه حركة العينين حيث يقل إدراكنا للحركة البطيئة إذا كانت العينان تتحركان فى نفس اتجاه حركة المنبه، والعكس صحيح. كما تزداد سرعة إدراكنا للحركة إذا كان المنبه يتحرك أمام خلفية ثابتة حيث تسمح الخلفية الثابتة للجهاز البصرى بكشف حركة الأشياء التى تقل سرعة حركتها عشر مرات عن السرعة التى تتحرك بها الأشياء على خلفية متحركة، كذلك تزداد سرعة إدراكنا للحركة فى حالة عدم وجود منبهات أخرى تتحرك فى المشهد البصرى حيث يؤدى تعدد الأشياء المتحركة فى المشهد البصرى إلى تشتيت انتباه الفرد بينها، كذلك تزداد سرعة الجهاز البصرى فى كشف الحركة إذا حدثت فى الاتجاه الذى يتوقعه الفرد (Wertheim, 1994; Sehuler, 1995).

كما أن الجزء الذى تتكون عليه صورة الشيء المرئى على الشبكية يؤثر أيضاً على إدراكنا للحركة حيث إن أفضل حدة للإبصار تكون للأشياء التى تقع الصور المتكونة لها على المستقبلات الضوئية فى نقرة الشبكية، بينما يقل إدراك الحركة للأشياء التى تقع الصور المتكونة لها على أطراف الشبكية (Bonnet, 1982; Finlay, 1982).

وعلى أية حال فإن حركة الأشياء وحدها لا تكفى لإدراكنا للحركة. فالعلاقات المكانية التى تربط بين الأشياء التى توجد فى المشهد البصرى، وكذلك التفاعلات التى تحدث بينها تؤثر أيضاً على إدراكنا للحركة. فحواف الأشياء مثلاً قد تحجب بعض أجزاء من الشيء المتحرك عن الرؤية، وقد تزيد من إدراكنا للحركة (Kaiser & Calderone, 1991). ويكون كشف الحركة أسرع إذاكان المشهد البصرى يحتوى على ملمح ثابت أو نقطة مرجعية ثابتة، وأدنى قدر من الحركة يستطيع الجهاز البصرى كشفه فى حالة وجود خلفية ثابتة للمنبه المتحرك، أو حواف لإطاره المرجعى هو (٢٥ر٠) ملليمتر فى الثانية (Bonnet,1984; Palmer, 1986)، وهذا يعنى أن الجهاز البصرى يستطيع كشف حركة الأشياء التى تبلغ سرعتها (١٥٠) سم فى الساعة، ورغم أن سرعة هذه الحركة بطيئة جداً إلا أنها تعنى أن الجهاز البصرى لدى البشر حساس جداً فى كشف الحركة وإدراكها.

ويرى بعض الباحثين أن معلومات الحركة فى الصور المتكونة للأشياء على شبكية العين تأتى من مصدرين للمعلومات. فالمصدر الأول هو حركة المنبهات فى المشهد البصرى، أما المصدر الثانى فهو حركة الفرد الرائى نفسه حيث تؤدى الحركات المختلفة لأعضاء جسمه – مثل تغيير اتجاهه وحركات رأسه – إلى تغير مواقع الصور المتكونة للأشياء المرئية على شبكية العين. ولقد بينت بعض الدراسات العلمية فى نتائجها أن الجهاز البصرى يكون أسرع فى كشف الحركة التى يستقى معلوماتها من حركة الأشياء فى المشهد البصرى عن الحركة التى تأتى معلوماتها من حركة الجسم (Dannemiller & Freeland, 1991).

ثانياً: حركات العين التتبعية:

إن حركات العين التتبعية تعنى تلك الحركات التى تقوم بها العينان لتعقب منبه معين فى المشهد البصرى وإدراك حركته سواء كانت رأس الفرد ثابتة أو متحركة بحيث تظل الصورة المتكونة لهذا المنبه متركزة على نقرة الشبكية الغنية بالمستقبلات الضوئية.

وتنقسم حركات العين التتبعية إلى نوعين من الحركات. فالنوع الأول منها هو حركات التتبع الإرادية وهى تعنى أن العينين تتحركان فى نفس اتجاه حركة المنبه فى المشهد البصرى، ويقدم لنا هذا النوع من حركات العينين معظم المعلومات التى تجعلنا ندرك حركة الأشياء. أما النوع الثانى فهو حركات التتبع العكسية ويحدث هذا النوع من حركات العينين عندما يحرك الفرد رأسه فى عكس اتجاه حركة المنبه حيث تتحرك العينين فى هذه الحالة فى حركة عسكية لاتجاه حركة الرأس حتى تتمكن من تعقب حركة المنبه الذى تأخذ حركته اتجاهاً عكسياً لاتجاه حركة الرأس، وهذا النوع من حركات العينين يتحكم فيه الجهاز الدهليزى (Post & Leibowitz, 1985).

المسارات العصبية لمعلومات الحركة ومراكز معالجتها بالمخ

نظراً لأننا نعالج فى هذا الفصل الإدراك البصرى للحركة والتى تقوم العينان بجمع معلوماتها من المشهد البصرى، لذلك فإن هذه المعلومات تنتقل من شبكية العين إلى القشرة المخية عبر المسارات العصبية البصرية. ولقد ذكرنا عند عرضنا للجهاز البصرى فى فصل سابق أن المعلومات البصرية تنتقل من شبكية العين إلى القشرة المخية عبر مسارين هما: المسار البصرى الكبير، والمسار البصرى الصغير. وتبين الدراسات العلمية الحديثة أن المسار البصرى الكبير يقوم

بنقل ومعالجة الغالبية العظمى من معلومات الحركة (Stoner & Albright, 1993)، وهذا لا يقلل من أهمية المعلومات التى ينقلها ويعالجها المسار البصرى الصغير، ولكن نظراً لأن المسار البصرى الكبير يقوم بالدور الأكبر فى هذه العملية لذلك سنركز عليه فى معالجتنا التالية:

يبدأ المسار البصرى الكبير من الخلايا العقدية كبيرة الحجم التى توجد فى الطبقة الثالثة لنسيج الشبكية والتى تتلقى معلوماتها من الخلايا المخروطية التى توجد فى الطبقة الأولى لنسيج الشبكية، وهذه الخلايا حساسة جداً وذات استجابة عالية لمعلومات الحركة (Shapley, 1990; Beatty, 1995)، وبعد خروج العصب البصرى من شبكية العين تقوم الألياف العصبية للمسار البصرى الكبير بنقل معلومات الحركة إلى النواة الركبية الجانبية حيث يتم فيها معالجة جزء من هذه المعلومات ثم تتوجه هذه الألياف العصبية بعد ذلك إلى المنطقة البصرية الأولية بالقشرة المخية التى تحتوى على عدد كبير من الخلايا العصبية الحساسة للحركة لذلك يتم فى هذه المنطقة معالجة جزء آخر من معلومات الحركة (Sereno, 1993).

بعد ذلك يخرج من المنطقة البصرية الأولية مساران عصبيان آخران يحملان معلومات الحركة بعد أن تكون قد تمت معالجة جزء منها فى النواة الركبية الجانبية، وجزء آخر فى المنطقة البصرية الأولية حيث يتجه المسار الأول إلى المنطقة البصرية الثانوية التى يتم فيها معالجة جزء آخر من معلومات الحركة ثم تخرج من هذه المنطقة خلايا عصبية أخرى مكملة لهذا المسار العصبى تحمل معلومات الحركة التى تمت معالجتها وتلك المتبقية بدون معالجة حيث تتجه بها إلى المنطقة الصدغية المتوسطة. أما المسار العصبى الثانى الذى تخرج أليافه

العصبية من المنطقة البصرية الأولية فإنه يتجه مباشرة إلى المنطقة الصدغية المتوسطة (Dawson, 1991).

ويرى بعض العلماء أن المنطقة الصدغية المتوسطة بالغة الأهمية فى معالجة معلومات الحركة ويستشهدون على ذلك بأن المسارين الصغير والكبير اللذين يحملان معلومات الحركة يلتقيان فى هذه المنطقة، وفضلاً عن ذلك فإن هذه المنطقة تحتوى أيضاً على عدد كبير من الخلايا العصبية الحساسة لاستجابة الحركة والاتجاه (Sereno, 1993; Zeki, 1993).

ولكى نؤكد نحن أيضاً على أهمية المنطقة الصدغية المتوسطة فى عملية إدراك الحركة نعرض الدراسة التى أجراها **زيل وزملاؤه** (Zihl, *et al*, 1983) على سيدة كان لديها حدة إبصار طبيعية، وكانت أيضاً قدرتها على رؤية الألوان طبيعية ولكنها فقدت القدرة على إدراك الحركة. فمثلاً عند قيادتها لسيارتها كانت ترى السيارات المقابلة لها على الطريق بعيدة جداً عنها، وفجأة تراها قريبة جداً منها، وكانت أيضاً لا تستطيع تفريغ الشاى فى الكوب لأنها فقدت القدرة على رؤية حركة تدفق سائل الشاى ومعرفة مستوى ارتفاعه فى الكوب. وعندما قام هذا الفريق من الباحثين بفحص مراكز معالجة الحركة فى القشرة المخية لدى هذه السيدة وجدوا أن هناك تلفاً فى عدد كبير من الخلايا العصبية بالمنطقة الصدغية المتوسطة نجم عنه ما يسمى بعمى الحركة والذى يعنى عدم القدرة على إدراك حركة الأشياء (Zihl, *et al*, 1983).

ونعود مرة أخرى إلى المنطقة الصدغية المتوسطة حيث تخرج منها ألياف عصبية أخرى تحمل معلومات الحركة وتتجه بها إلى المنطقة الصدغية العيا حيث

يتم فيها معالجة جزء كبير من معلومات الحركة، ولقد بينت الدراسات العلمية في نتائجها أن معلومات الحركة التى تعالجها هذه المنطقة يتم استقبالها من مساحة كبيرة من المجال البصرى للفرد، والجدير بالذكر أنه رغم مرور معلومات الحركة بمراحل متعددة من المعالجات الإدراكية التى أشرنا إليها، إلا أن جزءاً منها يظل بعد معالجة المنطقة الصدغية العليا لم تكتمل معالجته إدراكيا ولذلك تخرج من هذه المنطقة أليافاً عصبية أخرى تحمل معلومات الحركة التى لم تكتمل معالجتها إدراكيا وتتجه بها إلى مناطق أخرى عديدة بالقشرة المخية لاستكمال ما تبقى من هذه المعالجات الإدراكية (Andersen, et al, 1993).

وأخيراً نود أن نبين أن النتوء العلوى يساعد هو الآخر فى إدراكنا للحركة لكن خلاياه تستجيب لمعلومات الحركة عندما تكون رأس الفرد فى وضع ثابت فقط، بينما تكف عن هذه الاستجابة عندما يحرك الفرد رأسه فى اتجاهات مختلفة، وهذا يعنى أن النتوء العلوى يستطيع التمييز بين الحركة التى تنجم عن حركة الأشياء عن الحركة التى تنجم عن حركة الأفراد (Schiller, 1986).

المراجـــع

1- **Andersen, R.A., Treue, S., Graziano, M., Snowden, R.J., & Qian, N. (1993)**. From direction of motion to patterns of motion: Hierarchies of motion analysis in the visual cortex. In.T. Ono, L.R. Squire , M.E. Raichle, D.I. Perrett, & M. Fukuda (Eds.), Brain mechanisms of perception and memory (PP.183-199). New york: Oxford University press.

2- **Bahill, A.T.,& Karnavas, W.J. (1993).** The perceptual illusion of baseball's rising fastball and breaking curveball. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 19, 3-14.

3- **Barclay, C.D., Cutting, J.E.,& Kozlowski, L.T. (1978).** Temporal and spatial factors in gait perception that influence gender recognition. Perception & Psychophysics, 23, 145-152.

4- **Beatty, J. (1995)**. Principles of behavioral neuroscience. Dubuque, IA: Brown & Benchmark.

5- **Berry, D.S.(1990).** What can a moving face tell us? Journal of Personality and Social Psychology, 58, 1004-1014.

6- **Berry, D.S., & Misovich, S.J. (1994).** Methodological approaches to the study of social event perception. Personality and Social Psychology Bulletin, 20, 139-152.

7- **Bonnet, C. (1982).** Thresholds of motion perception. In A.H. Wertheim, W.A. Wagenar & H.W. Leibowitz (Eds.), Tutorials on motion perception (PP.41-79)New york: Plenum.

8- **Bonnet, C. (1984)**. Discrimination of velocities and mechanisms of motion perception. Perception, 13, 275-282.

9- **Caelli, T., Manning, M., &Finlay, D. (1993).** A general correspondence approach to apparent motion. Perception, 22, 185-192.

10- **Cowey, A., & Stoerig, P. (1995)**. Blindsight in monkeys. Nature, 373, 247-249.

11- **Cutting, J.E., & Proffitt, D.R. (1981)** . Gait perception as an example of how we may perceive events. In R. walk & H.L. Pick, JR. (Eds.), Intersensory perception and sensory integration (PP. 249-273). NewYork: Plenum Press.

12- **Dannemiller, J.L., & Freedland, R.L. (1991).** Detection of relative motion by human infants. Developmental Psychology, 27, 67-78.

13- **Dawson, M.R.W.(1991).** The how and why of what went where in apparent motion: Modeling solution to the motion correspondence problem. Psychological Review, 98, 569-603.

14- **Delorne, A., & Martin, C. (1986)**. Roles of retinal periphery and depth periphery in linear vection and visual control of standing in humans. Canadian Journal of psychology, 40, 176-187.

15- **Dizio, P.A., &Lackner, J.R. (1986).** Perceived orientation, motion and configuration of the body during viewing of on off-vertical rotating surface. Perception & Psychophysics, 39, 39-46.

16- **Farrell, J.E. (1983).** Visual transformations underlying apparent movement. Perception & Psychophysics, 33, 85-92.

17- **Finlay, D. (1982).** Motion perception in the peripheral visual Field. Perception, 11, 457-462.

18- **Gazzaniga, M.S., Fendrich, R., & Wessinger, C.M. (1994).** Blindsight reconsidered. Current Directions in Psychological Science, 3, 93-96.

19- **Hershenson, M. (1992).** The perception of shrinking in apparent motion. Perception & Psychophysics, 52(6), 671-675.

20- **Hershenson, M. (1993).** Linear and rotational motion aftereffects as a function of inspection duration. Vision Research, 33(14), 1913-1919.

21- **Hershenson, M., &Bader, P. (1990)**. Development of the spiral aftereffect. Bulletin of the Psychonomic Society, 28, 300-301.

22- **Hochberg, J., & Brooks, V. (1978).** The perception of motion pictures. In E.C.Carterette & M.P. Friedman (Eds.), Handbook of perception (PP.259-304). New york: Academic Press.

23- **Howard, I.P. (1982).** Human visual orientation. Chichester: Wiley.

24- **Johansson, G. (1976.a).** Visual motion perception. In R.Held & W. Richards (Eds.), Recent Progress in Perception: Readings from Scientific American (PP.67-75). San Francisco: Freeman.

25- **Johansson, G. (1976.b.).** Spatio- temporal differentiation and integration in visual motion perception. Psychological Research, 38, 379-393.

26- **Johansson, G. (1985).** About visual event perception. In W.H. Warren, JR., & R.W. Shaw (Eds.), Persistence and change: Proceedings of the first International Conference on Event perception (PP.29-54).Hillsdale, NJ:Erlbaum.

27- **Kaas, J.H. (1995).** Vision Without awareness. Nature, 373-195.

28- **Kaiser, M.,& Calderone, J.B. (1991).** Factors influencing perceives angular velocity. Perception & Psychophysics, 50, 428-434.

29- **King, S.M., Dykeman, C.Redgrave, P., & Dean, P. (1992).** Use of a distracting task to obtain defensive head movements to looming visual stimuli by human adults in a laboratory setting. Perception, 21, 245-259.

30- **Larish, J.F.,& Flach, J.M. (1990).** Sources of optical information useful for the perception of speed of rectilinear self-motion. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 16, 295-302.

31- **Leibowitz, H.W., Shupert, C.L., Post, R.B.,& Dichgans, J. (1983).** Expectation and autokinesis. Perception & Psychophysics, 34, 131-134.

32- **Mack, A. (1986).** Perceptual aspects of motion in the frontal plane.In K.R.Boff, L. Kaufman, & J.P. Thomas(Eds.), Hand book of perception and human performance (PP.17.1-17.38). New York: Wiley.

33- **Mather, G., & West, S. (1993).** Recognition of animal locomotion from dynamic point-light displays. Perception, 22,759-766.

34- **Morton, J., &Johnson, M.H. (1991)**. CONSPES and CONLERN: A two-Process theory of infant face recognition. Psychological Review, 98, 164-181.

35 -**Palmer, J. (1986)**. Mechanisms of displacement discrimination with and without perceived movement. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 12, 411-421.

36- **Post, B.,&Leibowitz, H.w. (1985)**. Arevised analysis of the role of efference in motion perception. Perception, 14, 631-643.

37-Post, R.B., Leibowitz, H.W., & Shupert, C.L. (1982). Autokinesis and Peripheral stimuli: Implications for fixational stability. Perception, 11, 477-482.

38- Regan, D. (1992). Visual Judgments and misjudgements in cricket, and the art of flight. Perception, 21, 91-115.

39- Rinhardt- Rutland, A.H. (1988). Induced movement in the visual modality: An overview. Psychological Bulletin, 103, 57-71.

40- Rock, I. (1983). The logic of perception . Cambridge, MA: MIT Press.

41- Rosenblum, L.D., Saldana, h.M.,& Carello, C. (1993). Dynamical constraints on pictorial action Lines. Journal of Experimental psychology: Human Perception and Performance, 19, 381-396.

42- Schiller, P.H. (1986). The central visual system. Vision Research, 26, 1351-1386.

43- Sekuler, R. (1995). Motion Perception as a partnership: Exogenous and endogenous contributions. Current Directions in Psychological Science, 4(2) 43-47.

44- Sereno, M.E. (1993). Neural computation of pattern motion: Modeling stage of motion analysis in the primate visual cortex: Cambridge, MA:MIT Press.

45-Shapley, R. (1990). Visual sensitivity and parallel retinocortical channels. Annual Review of Psychology, 41,635-658.

46- **Stoner, G.R., & Albright, T.D. (1993).** Image segmentation cues in motion processing: Implications for modularity in vision. Journal of Cognitive Neuroscience, 5, 129-149.

47- **Wallach, H. (1985).** Perceiving a stable environment. Scientific American, 252(5), 118-124.

48- **Wallach, H. (1987).** Perceiving a stable environment when one moves. Annual Review of Psychology, 38, 1-27.

49- **Warren, W.H., JR., & Hannon, D.J. (1990).** Eye movements and optical flow. Journal of the optical Society of America(A), 7,160-169.

50- **Wertheim, A.H. (1994).** Motion perception during selfmotion: The direct versus inferential controversy revisited. Behavioral and Brain Sciences, 17, 293-355.

51- **Wood, R.W. (1985).** The haunted swing illusion. Psychological Review, 2, 277-278.

52- **Zeki, S. (1993).** Avision of the brain. Oxford: Blackwell.

53-**Zihl, J., Von Cramon, D.,& Mai, N. (1983)**. Selective disturbance of movement vision after bilateral brain damage, Brain, 106, 313-340.



الفصل السابع
الإدراك السـمعى

المحتويـات

الإدراك السمعي

تعتبر حاسة السمع من أهم الحواس التى تساعد الإنسان على التكيف والتوافق مع البيئة المحيطة به، فمن خلال حاسة السمع يستطيع الإنسان أن يفهم حديث الآخرين ويتفاعل معهم، ومن خلال السمع يستطيع الإنسان أيضاً أن يتعلم ويتثقف وينقل أنواع المعرفة المختلفة. كذلك يستطيع الإنسان من خلال حاسة السمع أن يحدد أماكن الأشياء وموضعها منه سواء من حيث قربها أو بعدها عنه، أو من حيث وجهتها منه سواء كانت جهة اليمين أو اليسار، أو للأمام أو الخلف، كما يستطيع الإنسان أيضاً من خلال حاسة السمع أن يميز بين الأصوات المختلفة ويحمى نفسه من مصادرها الضارة مثل الحيوانات المفترسة والزواحف **(عبد الحليم محمود، وآخرون، ١٩٩٠)** ، وكذلك **(Nathan, 1982)**.

وتعتبر حاسة السمع أهم للإنسان من حاسة البصر لأن الفرد الأعمى يعتبر معزولاً عن عالم الأشياء، أما الفرد الأصم فإنه يعتبر معزولاً عن عالم البشر **(Evans, 1982)**، ومن الخصائص الهامة التى جعلت السمع أهم للإنسان من البصر من حيث التكيف مع البيئة المحيطة هى أن الفرد يستطيع أن يرى الأشياء التى تقع فى مجاله البصرى فقط أى فى نطاق رؤيته، بينما يستطيع سماع الأصوات التى تقع خارج مجاله البصرى أى أبعد من نطاق رؤيته. فمثلاً إذا كنت تجلس فى غرفة فإن مجالك البصرى ونطاق رؤيتك سوف يتحدد بحدود جدران الغرفة، ورغم ذلك تستطيع سماع أبواق السيارات والضوضاء التى تنبعث من الشارع القريب من الغرفة التى تجلس فيها رغم أنك لا ترى مصادر هذه الأصوات.

ولعل أفضل دليل يبين لنا أهمية السمع عن البصر لدى الإنسان أن الله سبحانه وتعالى قدم ذكر السمع في كتابه الكريم عن ذكر البصر حيث قال سبحانه وتعالى: ﴿ وَلَا تَقْفُ مَا لَيْسَ لَكَ بِهِ عِلْمٌ إِنَّ السَّمْعَ وَالْبَصَرَ وَالْفُؤَادَ كُلُّ أُولَٰئِكَ كَانَ عَنْهُ مَسْئُولًا ﴾[1] كما قال سبحانه وتعالى أيضاً ﴿ قُلْ هُوَ الَّذِي أَنشَأَكُمْ وَجَعَلَ لَكُمُ السَّمْعَ وَالْأَبْصَارَ وَالْأَفْئِدَةَ قَلِيلًا مَّا تَشْكُرُونَ ﴾[2] .

عناصر الإدراك السمعي :

يتطلب الإدراك السمعي توافر ثلاثة عناصر رئيسية وأساسية لهذا الإدراك هي: المنبه السمعي (الصوت)، والجهاز السمعي الذى يستقبل التنبيهات السمعية من البيئة المحيطة وينقلها عبر العصب السمعي إلى المراكز السمعية بالمخ التى تتم فيها معالجة المعلومات السمعية وإدراكها، ونقدم عرضاً لهذه العناصرالثلاثة فيما يلي:

أولاً: المنبه السمعي (الصوت) :

إن الطاقة التنبيهية لحاسة السمع هى الطاقة الميكانيكية، والأذن البشرية شديدة الحساسية للطاقة الميكانيكية. أى لتغيرات الطاقة التى تقع بين جزئيات الهواء حيث تستطيع الأذن أن تحس بضغط الهواء الذى تبلغ شدته ثلاثة على مليون من الجرام، كما تستطيع أيضاً أن تسمع الأصوات الضعيفة جداً التى تحرك ضغط موجاتها غشاء طبلة الأذن بمقدار يقل عن واحد على مليون من البوصة، وعلى أية حال إن المنبه السمعي عبارة عن الموجات الهوائية (الذبذبات الصوتية) التى تستقبلها الأذن من مصدر التنبيه، وبمعنى آخر فإن المنبه السمعي عبارة عن الحركات الذبذبية التى تصدر فى شكل موجات صوتية متتالية من الضغط

(١) سورة الإسراء، الآية (٣٦).
(٢) سورة الملك، الآية (٢٣).

والتخلخل المنتشرة بين جميع جزئيات الهواء المحيطة بالجسم المتذبذب **(عبد الحليم محمود، وآخرون، ١٩٩٠)**.

وتنتشر الموجات الصوتية بين جزئيات الهواء، والسوائل، والمواد الصلبة، ولكن سرعة الصوت تختلف باختلاف الوسط الذى تنتقل عبره حيث تؤثر كل من مرونة وكثافة جزئيات هذا الوسط على سرعة نقل ذبذبات الموجات الصوتية، وتبلغ سرعة الموجات الصوتية فى الماء نحو (١٣٦٠م/ثانية) تقريباً، بينما تبلغ سرعتها فى الهواء نحو (٣٤٠م/ثانية) تقريباً، فى حين تقل هذه السرعة كثيراً عن هذا المعدل بين جزئيات المواد الصلبة مثل الأرض والجدران...إلخ، ولكن الغالبية العظمى من الأصوات التى نسمعها تستقبل الأذن موجاتها الصوتية من الهواء، وعندما يتحرك مصدر التنبيه فإنه يُحدث ضغطاً وخلخلة لجزئيات الهواء المحيطة به مما يجعلها تتحرك فى شكل ذبذبات تسير فى خطوط مستقيمة، وحين تصطدم بصوان الأذن (الجزء اللحمى من الأذن البارز خارج حدود الرأس) فإنه يوجهها إلى طبلة الأذن والتى تتصف بشدة الحساسية للموجات الصوتية مما يؤدى إلى تحريكها واهتزازها. ويستطيع الإنسان سماع الأصوات التى تحرك موجاتها الصوتية طبلة الأذن بمقدار قليل جداً يبلغ نحو (٤٠٠٠ر٠٠٠ر٠٠٠ر٠) من البوصة أى أقل من واحد على بليون من البوصة **(Green, 1976)**.

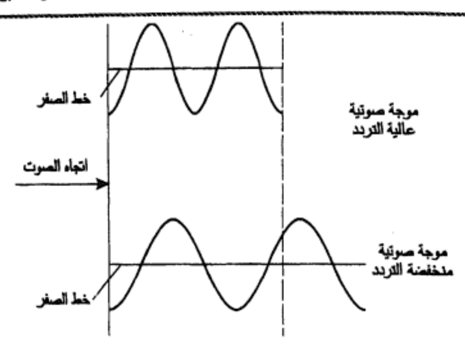
خصائص الموجات الصوتية :

لقد بينا أن المنبه السمعى (الصوت) عبارة عن موجات صوتية (ذبذبات صوتية)، ونود أن نبين أن هذه الموجات الصوتية لها ثلاث خصائص أساسية

تميزها هي: التردد، والسعة، وزاوية المرحلة، ونقدم عرضاً مختصراً لهذه الخصائص الثلاث فيما يلي:

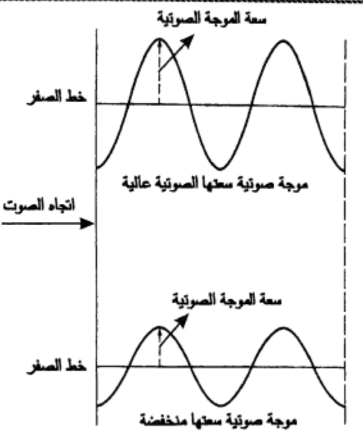
١ - **تردد الصوت:** إن تردد الصوت يعنى عدد الذبذبات الكاملة للموجة الصوتية فى ثانية واحدة، أما طول الموجة الصوتية فإنه يعنى المسافة بين أعلى وأدنى نقطتين للذبذبة الصوتية من خط الصفر الذى ينعدم عنده ضغط وخلخلة جزئيات الهواء، والنسبة بين طول الموجة الصوتية وترددها (عدد ذبذباتها) نسبة عكسية حيث يزيد عدد الذبذبات الصوتية كلما زاد طول الموجة الصوتية، والعكس صحيح **(عبد الحليم محمود، وآخرون، ١٩٩٠)** .

وتتوقف درجة حدة الصوت على عدد ترددات الموجة الصوتية فى الثانية الواحدة. بمعنى أنه إذا كانت الموجة الصوتية كثيرة التردد، فإن الصوت الناتج عنها يكون حاداً، والعكس صحيح. فمثلاً المفتاح (C) المتوسط فى البيانو يبلغ تردده الصوتى (٢٦٢) ذبذبة فى الثانية الواحدة. أى (٢٦٢) هيرتز حيث يعادل الهيرتز الواحد ذبذبة صوتية واحدة فى الثانية، وهذا التردد (٢٦٢) يكون أعلى بكثير من ذبذبة أكثر نغمات البيانو انخفاضاً التى يبلغ ترددها (٢٧) ذبذبة (هيرتز)، والشكل رقم (٥٤) يوضح ترددات الموجات الصوتية عالية التردد ومنخفضة التردد، وتستطيع الأذن الإنسانية سماع الأصوات التى تقع ترددات موجاتها الصوتية بين (٢٠ - ٢٠٫٠٠٠) هيرتز، ولكن الأصوات التى تسمع منها بوضوح هى التى تقع تردداتها بين (٢٠٠٠ - ٥٠٠٠) هيرتز **(Gelfand, 1981; Gulick, *et al*, 1989)**



شكل (٥٤) يوضح رسماً تخطيطياً لتردد موجتين صوتيتين متشابهتين فى الطول وذلك خلال مدة زمنية واحدة حيث يلاحظ من هذا الرسم أن الموجة العليا عالية التردد لأنها أتمت دورتين ذبذبيتين خلال هذه الفترة الزمنية، أما الموجة الصوتية السفلى فإنها منخفضة التردد لأنها لم تكمل الدورتين الذبذبيتين خلال تلك المدة.

٢ ـ **سعة الصوت:** تُعد سعة الصوت خاصية سيكولوجية للصوت لأنها من جهة تعتمد على خصائص الموجات الصوتية، ومن جهة أخرى تعتمد على الحالة النفسية والبدنية للفرد ومستوى راحته أو تعبه **(عبد الحليم محمود، وآخرون، ١٩٩٠)** ، وتعنى سعة الصوت أقصى تغير يحدث لضغط الموجات الصوتية عن معدل الضغط الجوى، وهى أيضاً تقابل علو الصوت بمعنى أن الموجات الصوتية ذات السعة المرتفعة تحرك طبلة أذن الفرد أكثر من الموجات الصوتية ذات السعة المنخفضة، ويبين الشكل (٥٥) الموجات الصوتية المرتفعة والمنخفضة حيث يتضح منه أن الموجات الصوتية ذات السعة المرتفعة يكون صوتها أعلى من صوت الموجات الصوتية ذات السعة المنخفضة.



شكل (٥٥) يبين سعة الصوت لموجتين صوتيتين متشابهتين فى التردد ولكنهما تختلفان فى السعة حيث يتضح من هذا الشكل أن الموجة العليا لها سعة صوت أعلى من الموجة الدنيا بمعنى أن صوتها يكون أعلى من صوت الموجة الدنيا.

وتقاس سعة الصوت بالداين/ سم٢، والضغط الجوى الطبيعى يبلغ نحو مليون داين/سم٢، وأقصى تفاوت فى الضغط الجوى تستطيع أذن الإنسان تحمله يكون أعلى، أو أقل من معدل الضغط الجوى الطبيعى بنحو (٢٨٠) داين/سم٢، ويمكن للراشدين أن يكتشفوا التفاوت فى الضغط الجوى الذى يبلغ قدره (٠٫٠٠٠٢) داين/سم٢ ، وهذا يبين مدى حساسية الجهاز السمعى فى استقبال التنبيهات الصوتية الضعيفة جداً، ولكن نظراً لأن هذه الأرقام كبيرة مما يشكل

صعوبة في استخدامها في الحياة اليومية، لذلك توصل العلماء لمقياس آخر لضغط الصوت يعبر عنه بالديسيبيل حيث يتدرج هذا المقياس من (صفر إلى ١٤٠) ديسيبل، والدرجة صفر تقابل أضعف نغمة صوتية تستطيع أذن الإنسان سماعها، أما الدرجة (١٤٠) فإنها تقابل أعلى نغمة صوتية تستطيع أذن الفرد تحمل سماعها، والصوت الذى تكون شدته عند درجة (١٤٠) ديسيبيل يكون دائما مؤلماً للأذن وكثرة التعرض له تؤدى إلى فقدان السمع المستديم (Green, 1983)، ويبين الجدول رقم (٢) بعض نماذج للأصوات التى تستطيع أذن الإنسان سماعها ومستوى شدتها بالديسيبيل.

جدول رقم (٢) يبين نماذج للأصوات ومستوى شدتها بالديسيبيل

نمــاذج الأصوات	مستوى شدة الصوت بالديسيبيل	
١ – صوت انفجار شديد	١٦٠	لا تستطيع الأذن تحمله
٢ – صوت طائرة نفاثة	١٤٠	أقصى شدة صوت تتحمله الأذن
٣ – صوت الرعد	١٢٠	صوت شديد جداً
٤ – صوت قدوم القطارات	١٠٠	صوت شديد جداً
٥ – صوت الموسيقى الصاخبة	٨٠	صوت شديد
٦ – الحديث بصوت مرتفع	٦٠	صوت متوسط
٧ – الحديث بصوت منخفض	٤٠	صوت ضعيف
٨ – صوت الهمس	٢٠	صوت أكثر ضعفاً
٩ – أدنى صوت يمكن سماعه (عتبة الإحساس السمعى)	صفر	صوت ضعيف جداً

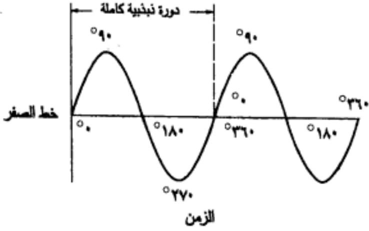
يتضح من الجدول السابق أن الأصوات التى تستطيع الأذن سماعها تتراوح شدة ذبذباتها بين (صفر – ١٤٠) ديسيبيل.

ومعظم الأصوات التى نسمعها فى حياتنا اليومية ليست نقية، ولكنها معقدة أى مركبة من عدة نغمات نقية، ورغم ذلك يستطيع جهازنا السمعى تحليل هذه النغمات المعقدة إلى نغمات نقية يمكن تمييزها وإدراكها. ولقد بينت دراسات علمية عديدة فى نتائجها أن الجهاز السمعى لدى الإنسان يستطيع تمييز الفروق بين الأصوات المختلفة من حيث مدى ترددها، وسعتها، كما يستطيع أيضا أن يميز بين نغمتين نقيتين متماثلتين فى التردد تدخل كل نغمة منهما فى نغمة مركبة من (٢١) نغمة نقية وذلك عندما تكون إحدى هاتين النغمتين النقيتين سعتها أكبر من سعة النغمة الأخرى **(Green, *et al*, 1983)**.

ويذكر **عبد الحليم محمود، وزملاؤه (١٩٩٠)** أن هناك بعض العمليات السيكولوجية المرتبطة بإدراكنا لسعة الصوت منها عمليتا التكيف، والتعب. فبالنسبة لعملية التكيف فإنها تعنى قدرة الجهاز السمعى على كشف التغير فى شدة التنبيه بمعنى أننا نتعرض فى حياتنا اليومية لخليط من الأصوات ذات مستويات مختلفة من السعة، ورغم ذلك يستطيع جهازنا السمعى أن يدرك التغير فى شدة التنبيه، ويدرك التغير فى سعة الصوت الذى يترتب على التغير فى شدة التنبيه، ولكن إذا استمرت شدة المنبه السمعى على وتيرة واحدة لمدة زمنية محددة فسوف تقل الحساسية السمعية للسعة الصوتية الناتجة عن هذا التنبيه .

أما بالنسبة للتعب السمعى فإنه يحدث نتيجة لما يمارسه التنبيه السمعى غير المحتمل من ضغط ميكانيكى متواصل على الجهاز السمعى بصفة عامة، وعلى طبلة الأذن بصفة خاصة، وهذا يعنى أن التكيف السمعى يحدث نتيجة لضعف الحساسية السمعية بسبب التعرض مدة طويلة لأصوات منبهات ذات مستوى متوسط أوضعيف من الشدة، أما التعب السمعى فإنه يحدث نتيجة للتعرض مدة طويلة لأصوات بالغة الشدة حيث تكون هذه الأصوات أقرب ما تكون للضوضاء بنوعيها المستمرة والمتقطعة.

٣ ـ **زاوية الرحلة :** يتحرك الصوت فى شكل ذبذبات صوتية، وكل دورة ذبذبية كاملة مقدارها (٣٦٠) درجة كما يبين ذلك الشكل رقم (٥٦)، وتبدأ الدورة الذبذبية من خط الصفر الذى تنعدم عنده قوة الضغط والخلخلة لجزئيات الهواء المحيطة بالموجة الصوتية، ثم ترتفع بعد ذلك عن خط الصفر حيث يزيد ضغط الهواء حول الموجة الصوتية عند الضغط الجوى، وأعلى نقطة فوق خط الصفر تصل إليها الذبذبة الصوتية تأخذ (٩٠) درجة، ثم تنحدر الموجة الصوتية بعد ذلك لأسفل حيث تأخذ (١٨٠) درجة عند نقطة تقاطعها مع خط الصفر والتى يتعادل عندها ضغط الهواء حول الموجة الصوتية مع الضغط الجوى، ثم تستمر فى الانحدار عن خط الصفر حيث تحدث خلخلة لجزئيات الهواء المحيطة بالموجة الصوتية وينخفض ضغط الهواء حولها عن الضغط الجوى، وأدنى نقطة تصل إليها الذبذبة الصوتية تحت خط الصفر تأخذ (٢٧٠) درجة، وعندها يزيد ضغط الهواء حول الموجة الصوتية مرة أخرى، ولذلك ترتفع الذبذبة الصوتية مرة أخرى لأعلى تجاه خط الصفر ونقطة التقائها بخط الصفر تأخذ (٣٦٠) درجة، وهذه النقطة هى نهاية الدورة الكاملة للذبذبة الصوتية الواحدة حيث تبدأ من عندها دورة أخرى لذبذبة صوتية جديدة تمر بنفس المراحل السابقة التى مرت بها الذبذبة الصوتية المنتهية (Klasco & Baum, 1994; Luce, 1993).



شكل (٥٦) يظهر رسما توضيحياً لمراحل الدورة الذبذبية الكاملة

وتشير زاوية المرحلة إلى الدرجة التى تقع عندها الذبذبة الصوتية فى دورتها الكاملة عند لحظة معينة، وتستخدم زاوية المرحلة للمقارنة بين موجتين صوتيتين أو أكثرعند لحظة معينة. فعلى سبيل المثال إذا كانت هناك موجتان صوتيتان تتفقان معاً فى موقعيهما من الدورة الذبذبية الكاملة، عندئذ يقال أن هاتين الموجتين الصوتيتين تتفقان فى المرحلة، أما إذا اختلف موقع كل منهما فى الدورة الذبذبية فيطلق عليهما بأنهما موجتان صوتيتان مختلفتان فى المرحلة، ويعبر عن مقدار هذا الاختلاف بزاوية المرحلة. فإذا كانت مثلا إحدى هاتين الموجتين الصوتيتين تقع عند نقطة (٩٠) درجة من الدورة الذبذبية الكاملة، وكانت الموجة الأخرى فى نفس هذه اللحظة الزمنية تقع عند نقطة (١٨٠) درجة (نقطة عبور الذبذبة الصوتية لخط الصفر)، فإن زاوية المرحلة تساوى الفرق بين الدرجة العليا والدرجة الدنيا لهاتين الموجتين الصوتيتين فى الدورة الذبذبية الكاملة أى أنها تساوى ١٨٠ -٩٠ = ٩٠ درجة.

ولما كانت ذبذبات الموجات الصوتية تحدث من خلال ارتفاع أو انخفاض الضغط الميكانيكى للهواء المحيط بالموجة الصوتية عند لحظة معينة، لذلك فإن الموجات الصوتية التى تنبعث من موقع واحد تتفاعل مع بعضها، فإذا كان بينها موجتان صوتيتان متفقتان فى المرحلة فإن كل منهما ستزيد من شدة الصوت للموجة الصوتية الأخرى، ولذلك نجد أن بعض الفرق الموسيقية يكون بها أكثر من آلة موسيقية من نفس النوع مثل العود حيث ينجم عن عزفها معاً لحناً موسيقياً معيناً حدوث ارتفاع لشدة النغمة الصوتية الصادرة عن هذه الآلة الموسيقية، أما إذا كانت هناك موجتان صوتيتان بنفس التردد ولكنهما تختلفان فى المرحلة بزاوية قدرها (١٨٠) درجة فإن هذا يعنى أن إحداهما تكون عند قمة ضغطها الميكانيكى (٩٠) درجة فى نفس اللحظة التى تكون فيها الموجة الأخرى

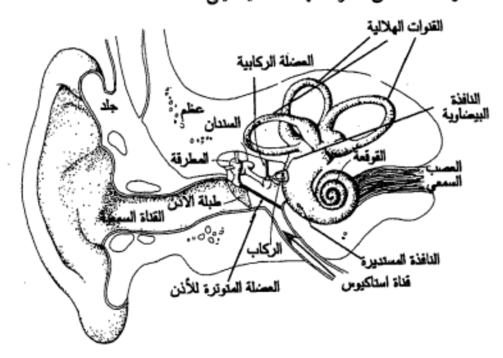
عند أدنى ضغطها الميكانيكى (٢٧٠) درجة، وفى هذه الحالة سوف تلغى كل موجة صوتية منهما التأثير الصوتى للموجة الصوتية الأخرى ولن يستطيع الفرد سماع صوت أىٌ منهما لأن الضغط الميكانيكى الذى تحدثه الذبذبات الصوتية لإحدى هاتين الموجتين سوف تلغى تأثيره عملية الخلخلة التى تحدث فى نفس اللحظة الزمنية من الذبذبات الصوتية للموجة الأخرى . ولقد استفاد العلماء من هذه الخاصية للذبذبات الصوتية حيث قاموا بتصميم أجهزة تمتص الأصوات غير المرغوبة مثل الضوضاء.

وعلى أية حال فإن الأصوات التى نسمعها فى حياتنا اليومية ليست أصواتاً نقية لنغمات فردية، ولكنها أصوات مركبة من عدة نغمات لذلك يُطلق عليها الأصوات المعقدة أو المركبة، وينتج هذا التعقيد من تفاعل عدة موجات صوتية مختلفة الأطوال والترددات والمراحل، ورغم ذلك يستطيع جهازنا السمعى تحليل هذه النغمات المركبة إلى نغماتها النقية الفردية التى تتكون منها. فمثلا إذا كنت تستمع للحن موسيقى معين، فرغم أن جميع الآلات التى تستخدمها الفرقة الموسيقية تعزف معاً نفس اللحن، إلا أنك تستطيع أن تميز بسهولة بين صوت العود، وصوت الكمان، ولقد توصل العلماء إلى طريقة علمية يمكن من خلالها تحليل النغمات المركبة إلى نغمات نقية، وهذه الطريقة تسمى طريقة تحليل فورير للموجات الصوتية **(Klasco & Baum, 1994)**.

ثانياً: الجهاز السمعى

يتكون الجهاز السمعى من الأذن، والعصب السمعى الذى يحمل المعلومات السمعية من الأذن ويقوم بتوصيلها إلى المخ، والمراكز السمعية بالقشرة المخية التى تقوم بفك شفرة هذه المعلومات السمعية وإدراكها، ونقدم عرضا مختصرا لهذه المكونات الثلاثة فيما يلى:

أ - الأذن: تتكون الأذن من ثلاثة أجزاء رئيسية هى الأذن الخارجية، والأذن الوسطى، والأذن الداخلية كما يبين ذلك الشكل رقم (٥٧)، ووظيفة الأذن بصفة عامة هى تحويل الذبذبات الصوتية من طاقة ميكانيكية إلى طاقة عصبية يمكن لخلايا العصب السمعى نقلها إلى المراكز السمعية بالقشرة المخية لمعالجتها وإدراكها، ويبدو أن الأذن تتكون فى مرحلة الحمل من النسيج الطلائى الذى يصبح جلداً للجنين بعد ذلك، وقد دلل العلماء على صحة هذا الرأى بأن المستقبلات العصبية فى الأذن الداخلية تشبه المستقبلات العصبية فى جلد الإنسان من حيث حساسيتها الشديدة لكشف الضغط والحركة (Montgomery & Mac Donald, 1987)، ونقدم عرضا لهذه الأجزاء الثلاثة التى تتكون منها الأذن فيما يلى:



شكل (٥٧) قطاع عرضى للأذن الإنسانية يظهر أجزائها الثلاثة (الأذن الخارجية والوسطى الداخلية).

١ - الأذن الخارجية : تتكون الأذن الخارجية من ثلاثة أجزاء رئيسية هى صيوان الأذن، وقناة السمع، وطبلة الأذن، فصيوان الأذن هو ذلك الجزء اللحمى الثابت على جانبى الرأس، وهو يعمل على استقبال الموجات الصوتية من الفراغ المحيط بالفرد وتوجيهها إلى قناة السمع حيث تصطدم بطبلة الأذن وتعمل على اهتزازها، كما يساعد صيوان الأذن أيضاً على تحديد الاتجاه الذى يصدر منه الصوت، وفضلا عن ذلك فإنه يزيد من شدة الصوت (Scharf & Buus, 1986)، وصيوانا الأذنين ثابتان على جانبى الرأس لدى الإنسان، ولكنهما يتحركان لدى بعض الحيوانات مثل الكلاب والخيول وغيرها من الحيوانات الأخرى حيث تؤدى هذه الحركة إلى توجيه صيوان الأذن نحو مصدر التنبيه بما يسمح باستقبال أكبر قدر من الموجات الصوتية المنبعثة من مصدر التنبيه وتفادى مصادرها الضارة مثل الحيوانات المفترسة (Stokes, 1985).

أما قناة السمع فهى أنبوبة يبلغ طولها نحو بوصة واحدة تقريباً، وقطرها نحو (٠٣ر٠) من البوصة، وهى تمتد بين الصيوان وطبلة الأذن، وتعمل على تكبير الأصوات الضعيفة لكى تصل شدتها عند طبلة الأذن فيما بين ثلاثة إلى ثمانية أضعاف شدتها فى الهواء الخارجى. فالأصوات التى يتراوح تردد موجاتها الصوتية فى الهواء الخارجى بين (٢٠٠٠ - ٧٠٠٠) ذبذبة فى الثانية تكبرها قناة السمع لكى يصل ترددها عند طبلة الأذن فيما بين (١٥٠٠٠ - ٢٠٠٠٠ر٢٠) ذبذبة فى الثانية (Rabbitt, 1990).

وأما طبلة الأذن فإنها أهم جزء فى الأذن الخارجية، وهى عبارة عن غشاء رقيق يفصل بين الأذن الخارجية وتجويف الأذن الوسطى، وتعمل الموجات الصوتية التى تصطدم بطبلة الأذن على تحريكها وهزها اهتزازات ضعيفة

جداً بسرعات مختلفة تتفاوت وفقا لشدة الموجات الصوتية التى تصطدم بها حيث يبلغ مقدار حركتها للأصوات الضعيفة جداً أقل من واحد على بليون من البوصة، ولما كانت طبلة الأذن عبارة عن غشاء رقيق لذلك فالأجسام الصلبة التى تصطدم بها تؤدى إلى حدوث ثقب بها، وهذا الثقب يؤدى إلى ضعف السمع فى تلك الأذن، وتتوقف شدة ضعف السمع الناتجة عن ثقب طبلة الأذن على حجم هذا الثقب وموقعه فى طبلة الأذن (Stinson & Khanna, 1989; Gulick, *et al*, 1989).

٢ - **الأذن الوسطى:** وهى التجويف الذى يقع بين الجانب الداخلى من غشاء طبلة الأذن، والأذن الداخلية كما يوضح ذلك الشكل السابق رقم (٥٧)، ويشغل تجويف الأذن الوسطى مساحة قدرها ٢ سم^{٢} تقريبا، وهو يحتوى على ثلاثة عظيمات صغيرة جداً هى: المطرقة، والسندان، والركاب، وهذه العظيمات الثلاثة هى أصغر عظام الجسم البشرى حجماً، وهى تعمل كرافعة حيث تؤدى حركاتها السريعة إلى نقل الاهتزازات من طبلة الأذن إلى الأذن الداخلية، وهناك فتحة صغيرة تقع فى مؤخرة الأذن الوسطى يقع الركاب فوقها تسمى النافذة البيضاوية، وهذه النافذة البيضاوية هى المكان الوحيد الذى تتلقى منه الأذن الداخلية الذبذبات الصوتية من الأذن الوسطى.

ويتصل بالأذن الوسطى قناة دقيقة تسمى قناة استاكيوس وهى تمتد من الأذن الوسطى إلى البلعوم، وهذه القناة مغلقة فى العادة، ولكنها تنفتح أثناء عملية البلع مما يسمح بتدفق الهواء إلى داخل أو خارج تجويف الأذن الوسطى، حيث يؤدى ذلك إلى تساوى ومعادلة ضغط الهواء على جانبى غشاء طبلة الأذن (معادلة ضغط الهواء فى الأذن الداخلية بضغطه فى الأذن الخارجية)، أما إذا

حدث انسداد فى قناة استاكيوس بسبب الإصابة ببعض الأمراض مثل التهاب الأذن الوسطى أو نزلات البرد فسوف يؤدى ذلك إلى عدم تساوى ضغط الهواء على جانبى غشاء طبلة الأذن، وهذا بدوره سوف يؤدى إلى بروز طبلة الأذن فى جهة الضغط المنخفض وتصلبها، وقد ينجم عن ذلك فى بعض الأحيان التى يكون فيها الفارق بين الضغطين كبيراً حدوث انفجار فى طبلة الأذن. وعلى أية حال إن انسداد قناة استاكيوس يؤدى إلى ضعف السمع المؤقت، ونحن نلاحظ ذلك على أنفسنا عندما نكون مصابين بنزلة برد حيث تقل قدرتنا على سماع الأصوات الضعيفة، وتزيد حدة ضعف السمع المؤقت لدى الفرد إذا صاحبه انفجار فى غشاء طبلة الأذن (Rabbitt, 1990; Shera & Zweig, 1991).

ونستخلص مما سبق أن تجويف الأذن الوسطى مليئ بالهواء الذى يأتى من تجويف الفم عبر قناة استاكيوس، وهذا يعنى أن الموجات الصوتية تنتقل فى الأذن الخارجية والأذن الوسطى عَبْر الهواء، بينما تنتقل فى الأذن الداخلية عبر السائل الذى يملأ تجويف القوقعة، وهذا السائل يعوق حركة الموجات الصوتية ويؤدى إلى ارتداد معظمها تجاه الأذن الوسطى مرة أخرى، ولذلك تفقد الموجات الصوتية فى هذا السائل ما يعادل (٣٠) ديسيبيل تقريبا من شدتها (Warren, 1982).

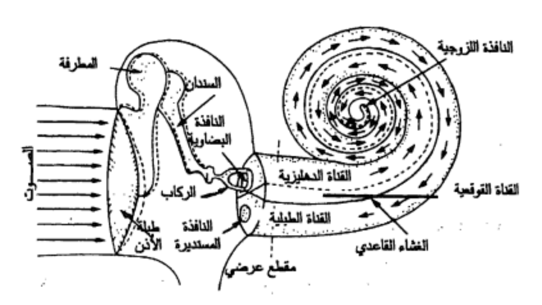
ولما كان السائل القوقعى يفقد نحو (٣٠) ديسيبيل تقريبا من شدة الموجات الصوتية التى تستقبلها الأذن الداخلية، لذلك تعمل الأذن الوسطى على زيادة شدة الموجات الصوتية بنحو (٣٠) ديسيبيل لكى تعوض نسبة الشدة التى تفقدها هذه الموجات الصوتية فى السائل القوقعى بالأذن الداخلية، وتتم زيادة

شدة الموجات الصوتية فى الأذن الوسطى بطريقتين. فالطريقة الأولى هى فرق الضغط الميكانيكى الذى ينتقل من غشاء طبلة الأذن إلى غشاء النافذة البيضاوية. حيث تنقل الأذن الوسطى الموجات الصوتية من غشاء طبلة الأذن إلى غشاء النافذة البيضاوية التى تبلغ مساحتها ($\frac{١}{٥}$) مساحة طبلة الأذن، ووفقاً لقوانين الفيزياء فإن السطحين المختلفين فى المساحة إذا تعرضا لقوة معينة ثابتة فهذا يعنى أن الوحدة الواحدة من مساحة السطح الصغير سوف تتعرض لقوة أشد من التى تتعرض لها نفس هذه الوحدة فى مساحة السطح الكبير لأن القوة التى تتعرض لها وحدات السطح الكبير سوف تتركز على وحدات السطح الصغير، ولما كانت مساحة غشاء النافذة البيضاوية تبلغ ($\frac{١}{٥}$) مساحة غشاء طبلة الأذن فهذا يعنى أن شدة الموجات الصوتية على غشاء النافذة البيضاوية تعادل خمسة أضعاف شدتها على غشاء الطبلة، وبمعنى آخر أن الموجات الصوتية التى يستقبلها غشاء طبلة الأذن سوف تزداد شدتها خمسة أضعاف على غشاء النافذة البيضاوية (Pickles, 1988; Luce, 1993).

أما الطريقة الثانية: فهى أن العظيمات الثلاثة: المطرقة، والسندان، والركاب تعمل كرافعة ذراع القوة فيها أكبر من ذراع المقاومة، وهذا الشكل الميكانيكى لتلك الرافعة يزيد من شدة الصوت الذى تنقله الحركات السريعة لعظيمة الركاب بحيث تصل شدته عند غشاء النافذة البيضاوية لعدة أضعاف شدته عند غشاء طبلة الأذن. وعندما تتجمع المخرجات الصوتية معاً الناتجة عن هاتين الطريقتين نجد أن الموجات الصوتية قد زادت شدتها فى الأذن الوسطى بنحو (٣٠) ديسيبيل تقريباً عن شدتها فى الأذن الخارجية، وهذه الزيادة فى شدة الموجات الصوتية بالأذن الوسطى تعوض الفاقد من شدتها فى السائل القوقعى بالأذن الداخلية (Luce, 1993).

وفضلاً عما تقدم فإن الأذن الوسطى تقوم أيضاً بعملية التكيف السمعي للأصوات الضعيفة جدا والشديدة جداً، حيث توجد عضلات بالأذن الوسطى تتصل بعظيمة الركاب هي المسئولة عن هذه العملية. ففي حالة الأصوات الضعيفة جدا تنقبض هذه العضلات مما يزيد من شدة حركات الركاب الأمر الذي يجعله يضغط بقوة على النافذة البيضاوية، وهذا الضغط الشديد للركاب يُحدث ضغطا شديدا على السائل القوقعي في الأذن الداخلية ينجم عنه زيادة شدة الموجات الصوتية في الأذن الداخلية، أما إذا كانت الأصوات التي تستقبلها الأذن الخارجية عالية جداً فإن هذه العضلات المتصلة بالركاب تنقبض في اتجاه عكسي أي عكس الاتجاه الذي تنقبض فيه للأصوات الضعيفة، وهذا الانقباض العكسي لعضلات الركاب يجعله يغير الزاوية التي يتحرك بها مما يقلل من شدة ضغطه على السائل القوقعي، ويترتب على ذلك حدوث انخفاض كبير في شدة الصوت العالي الذي يصل إلى القوقعة مما يحافظ على الأجزاء الحساسة في الأذن الداخلية من التلف والتدمير عندما تتعرض للأصوات العالية (Pang & Peake, 1986; Luce, 1993).

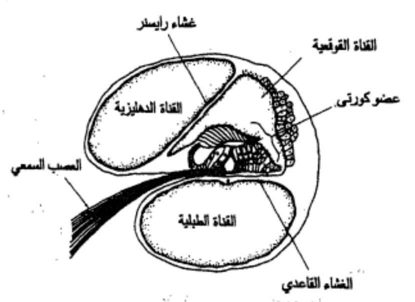
٣ - **الأذن الداخلية :** تقع الأذن الداخلية لكلتا الأذنين داخل تجويفين عظميين على جانبي الرأس عظامهما من أشد عظام الجسم البشري صلابة. وتتكون الأذن الداخلية من القنوات الهلالية والقوقعة كما يتضح ذلك في الشكل (٥٧)، وليس للقنوات الهلالية أهمية في عملية السمع، وإنما تتجسد مهمتها الأساسية في إحساسنا باتجاه الحركة والتوازن. أما القوقعة فإنها بالغة الأهمية في عملية السمع حيث تعمل كمكبر للأصوات ومحلل لذبذبات الموجات الصوتية. والقوقعة قناة ملتوية حيث يبلغ طولها إذا فردت نحو (٤ر١) بوصة تقريبا، وهي تنقسم بالطول إلى ثلاث قنوات كما يبين ذلك الشكل (٥٨) وهذه القنوات الثلاث هي القناة الدهليزية، والقناة الطبلية، والقناة القوقعية (Hudspeth, 1989).



شكل (٥٨) يبين تركيب القوقعة كما يوضح كيفية نقل الموجات الصوتية من طبلة الأذن إلى المطرقة والسندان والركاب حيث تقوم العظيمة الأخيرة بتحريك النافذة البيضاوية وهذه الحركة تحدث ضغطا على سائل الليمف المحيطى فى القناة الدهليزية والذى يعمل بدوره على نقل هذه الذبذبات الصوتية إلى الغشاء القاعدى الذى يحمل المستقبلات السمعية.

ويوجد على قاعدة القناة الدهليزية التى تقع فى جهة الأذن الوسطى نافذة عليها غشاء رقيق تسمى النافذة البيضاوية، كما يوجد أيضا على قاعدة القناة الطبلية التى تقع فى نفس الجهة السابقة نافذة عليها أيضا غشاء رقيق تسمى النافذة المستديرة، وتتصل القناة الدهليزية بالقناة الطبلية فى نهاية التفاف القوقعة بفتحة صغيرة تسمى النافذة اللزوجية، وتحتوى هاتان القناتان على سائل يشبه الماء المالح يسمى الليمف المحيطى، وعندما يحرك الركاب النافذة البيضاوية فإن هذه الحركة تحدث ضغطاً على سائل الليمف المحيطى فى القناة الدهليزية مما يجعله يزيح هذا السائل فى القناة الطبلية عبر النافذة اللزوجية، وهذا يعنى أن سائل الليمف المحيطى ينقل إلى القناة الطبلية الذبذبات الصوتية التى تستقبلها القناة الدهليزية من النافذة البيضاوية (Gulick, *et al*, 1989).

أما القناة القوقعية فهى قناة منغلقة على ذاتها حيث إنها لا تحتوى على نافـذة تصلهـا بالأذن الوسطى، أو نافـذة تصلهـا بأى من القناتين الدهليـزية أو الطبلية. ويفصل القناة القوقعية عن القناة الدهليزية غشاء رقيق لا يتعدى سمكه عن خليتين عصبيتين يسمى **غشاء رايسنر** Reissner's Membrance كما يبين ذلك الشكل رقم (٥٩)، كما يفصلها عن القناة الطبلية غشاء آخر يسمى **الغشاء القاعدى**، ويمتد على طول غشاء رايسنر غشاء آخر يسمى **الغشاء السقفى**، بينما يستقر على الغشاء القاعدى **أعضاء كورتى** Organ of Corti وهذه الأعضاء بالغة الأهمية فى عملية السمع لأنها تحمل الخلايا الشعرية (المستقبلات السمعية) التى تقوم بتحويل الموجات الصوتية ذات الطبيعة الميكانيكية إلى طاقة تنبيهية ذات طبيعة كهروكيميائية التى تستطيع الأعصاب السمعية نقلها إلى المراكز السمعية بالمخ لمعالجتها وإدراكها.



شكل (٥٩) مقطع عرضى للقوقعة يبين تركيبها التفصيلى

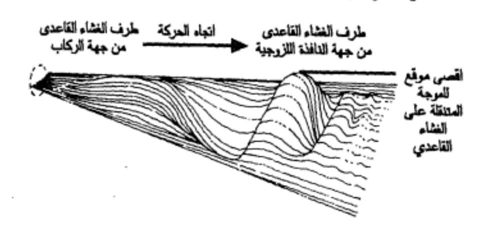
ويبلغ طول الغشاء القاعدى نحو ٣سم تقريباً، وهذا الغشاء يكون أكثر صلابة وأقل سمكاً من جهة الأذن الوسطى، بينما تقل هذه الصلابة ويزداد سمكه تدريجيا تجاه طرفه الآخر، وهذا الاستدقاق للغشاء القاعدى فى اتجاه عكسى لاستدقاق القوقعة يحافظ على كفاءة نقل ترددات الأصوات الضعيفة فى الأذن الداخلية **(Shera & Zweig, 1991)**.

وتحتوى القناة القوقعية على سائل يسمى الليمف الداخلى، وهو يختلف تماما عن سائل الليمف المحيطى، وعندما يحرك الركاب النافذة البيضاوية فإن هذه الحركات تُحدث ضغطاً على سائل الليمف المحيطى مما يؤدى إلى اهتزازه، وهذه الحركات الاهتزازية تنتقل من القناة الدهليزية إلى القناة الطبلية مما يؤدى إلى اهتزاز الغشاء القاعدى فى القناة القوقعية الذى تستقر عليه أعضاء كورتى ذات الخلايا الشعرية والتى تحول الذبذبات الصوتية إلى طاقة كهروكيميائية **(Gulick, *et al*, 1989)**.

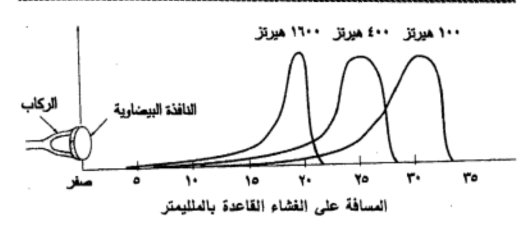
تحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهروكيميائية

إن الموجات الصوتية التى تتلقاها الأذن الخارجية تجعل عظيمات الأذن الوسطى تهتز، واهتزاز الركاب آخر هذه العظيمات من جهة النافذة البيضاوية يؤدى إلى اهتزاز النافذة البيضاوية ثم سائل الليمف المحيطى حيث يتحركان حركات اهتزازية بنفس تردد الموجات الصوتية التى تحرك الركاب، والحركات الاهتزازية لسائل الليمف المحيطى تؤدى إلى اهتزاز الغشاء القاعدى بنفس الذبذبات التى تحرك الليمف المحيطى، وهذا بدوره يؤدى إلى اهتزاز أعضاء كورتى وخلاياها العصبية بنفس هذه الذبذبات، وتقوم الخلايا الشعرية التى توجد على أعضاء كورتى بتحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهروكيميائية من خلال عمليتين مختلفتين هما: حركات الغشاء القاعدى، وآلية التحويل، ونقدم عرضاً مختصراً لهاتين العمليتين فيما يلى:

١ - **حركات الغشاء القاعدى:** إن حركات سائل الليمف المحيطى فى القناتين الدهليزية والطبلية تجعل الموجات الصوتية تتحرك عبر الغشاء القاعدى فى شكل موجات متنقلة مثل المبينة في شكل (٦٠)، وهذه الموجات المتنقلة تحرك الغشاء القاعدى وأعضاء كورتى ذات الخلايا الشعرية التى توجد عليه، ورغم أن الغشاء القاعدى يهتز لأى موجة متنقلة إلا أن كل موجة من الموجات المتنقلة لها موقع محدد على الغشاء القاعدى لا تتعداه حيث يتحدد هذا الموقع وفقا لتردد الموجات الصوتية المكونة للصوت الذى تستقبله الأذن الخارجية. فالموجات المتنقلة للأصوات ذات التردد المنخفض تصل إلى أقصى موقع لها على الغشاء القاعدى بالقرب من قمة الفتحة اللزوجية. أما الموجات المتنقلة للأصوات ذات التردد العالى فإنها تصل إلى أقصى موقع لها على الغشاء القاعدى قرب قاعدته التى تقع جهة الأذن الوسطى، وهذا يعنى أن الغشاء القاعدى يميز بين الأصوات وفقا لتردداتها، والشكل رقم (٦١) يبين مواقع الموجات المتنقلة على الغشاء القاعدى وفقا لتردداتها (Greenwood, 1990).



شكل (٦٠) يوضح حركة الموجات المتنقلة عبر الغشاء القاعدى ويلاحظ من هذا الشكل أن الغشاء القاعدى يكون ضيقا من جهة الركاب ويتسع تدريجيا كلما اتجه نحو النافذة اللزوجية، كما يلاحظ أيضاً أن الموجة الصوتية المتنقلة تقل سرعتها تدريجيا بعد وصولها إلى أقصى موقع لها على الغشاء القاعدى.



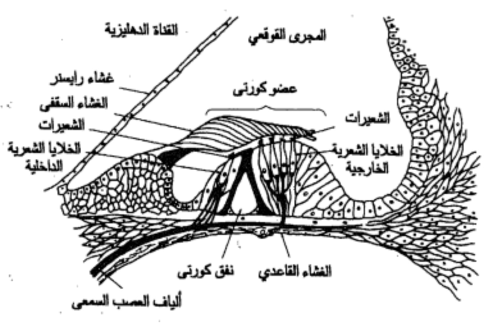
شكل (٦١) يظهر مواقع ثلاثة موجات متنقلة مختلفة التردد على الغشاء القاعدى حيث تصل الموجة المتنقلة ذات التردد العالى إلى أقصى موقع لها على الغشاء القاعدى بالقرب من النافذة البيضاوية، أما الموجات المتنقلة ذات التردد المنخفض فإنها تصل إلى أقصى موقع لها بالقرب من الفتحة اللزوجية.

ومن الأمور المثيرة للدهشة أن الأصوات التى تستقبلها الأذن الخارجية تنبعث مرة أخرى فى الأذن الداخلية بنفس التردد وبنفس السعة، ولقد تمكن العلماء من التقاط هذه الأصوات بميكروفونات حساسة، وتبين نتائج الدراسات العلمية التى أجريت فى هذا المجال أن بعض الانبعاثات السمعية فى الأذن الداخلية تحدث تلقائيا، بينما يحدث بعضها الآخر بعد دخول الصوت فى الأذن الخارجية (**Lonsbury - Martin, *et al*, 1990**)، وأن هذه الانبعاثات السمعية التلقائية تحدث لدى (٤٠٪) تقريباً من الأفراد ذوى السمع الطبيعى ولكنهم لا يكونون واعين بها (**Wier, *et al* , 1984**).

ولقد تتبع العلماء مصدر هذه الانبعاثات السمعية ووجدوا أنها تصدر عن الخلايا الشعرية الخارجية، ولقد تأكد لهم ذلك حين وجدوا أن هذه الانبعاثات تصدر فى القوقعة لدى الأفراد الذين يعانون من تلف فى العصب السمعى (**Gulick, *et al*, 1989**).

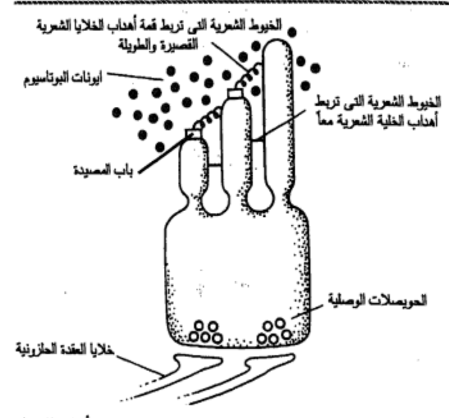
٢ ـ آلية التحويل: إن أعضاء كورتى ذات الخلايا الشعرية هى مصدر تحويل الطاقة الصوتية من هيئتها الميكانيكية إلى طاقة كهروكيميائية، وتحتوى أعضاء كورتى على مايقرب من (١٥٠٠٠) خلية شعرية، وهذه الخلايا تشبه خلايا الجلد فى بروز الشعيرات منها، ويوضح الشكل رقم (٦٢) عضو كورتى حيث يفصل مجرى كورتى بين مجموعتين من الخلايا الشعرية، فالجانب الداخلى يحتوى على ما يقرب من (٣٠٠٠) خلية شعرية تتجمع فى صف واحد، أما الجانب الخارجى فإنه يحتوى على ما يقرب من (١٢٠٠٠) خلية شعرية تتجمع فى عدة صفوف تتراوح أعدادها بين ثلاثة إلى خمسة صفوف، وكل خلية من الخلايا الشعرية الداخلية والخارجية يبرز منها شعيرات دقيقة تسمى الأهداب، وسمك الهدب الواحد لا يزيد عن (٠٥ر٠) ميكرومتر أى (٠٠٥ر٠٠٠ر٠) من المتر ، ويتراوح عدد الأهداب فى كل خلية شعرية من الخلايا الداخلية بين (٤٠–٦٠) هدباً حيث تمتد هذه الأهداب فى السائل الليمفى، وهى لا تصل إلى الغشاء السقفى للقناة القوقعية، بينما يتراوح عدد هذه الأهداب فى كل خلية من الخلايا الشعرية الخارجية بين (١٠٠– ١٢٠) هدباً، والأهداب الطويلة منها تتصل بالغشاء السقفى (Lim, 1980).

وتترتب أهداب الخلايا الشعرية الخارجية فى صفوف على شكل حرفى (W , V)، أما أهداب الخلايا الشعرية الداخلية فإنها تترتب فى صفوف مستقيمة، وترتبط أهداب كل خلية شعرية بخيوط شعرية دقيقة جداً حيث ينجم عن ارتباطها معاً تكوين حزمة هدبية للخلية الشعرية مما يجعل أهدابها تتحرك معاً وكأنها وحدة واحدة، وفضلا عن ذلك فإن الأهداب القصيرة فى الخلية الشعرية ترتبط قمتها بقمة الأهداب الطويلة المجاورة لها من خلال خيوط شعرية دقيقة جداً تسمى ألياف الأكتين (Pickles, 1988; 1993.A)



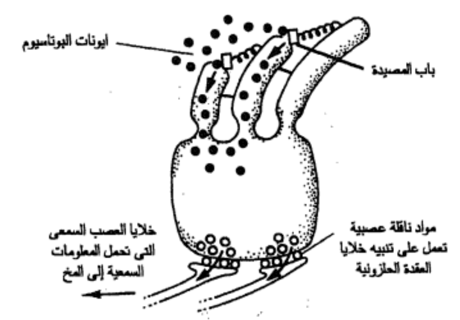
شكل (٦٢) يبين التركيب التفصيلى لعضو كورتى.

ويحتوى كل هدب من الأهداب القصيرة على ثقب فى قمته يسمى باب المصيدة، وعندما تكون هذه الأهداب فى وضع رأسى معتدل فإن أبواب المصائد تكون مغلقة وهذا بدوره يمنع أيونات البوتاسيوم ذات الشحنة الموجبة التى توجد فى سائل الليمف الداخلى من التدفق إلى داخل خلايا هذه الأهداب، ولذلك يحافظ الوضع المعتدل للأهداب على مستوى الشحنات الكهربائية داخل خلاياها عند (٦٠) مللى فولت تقريباً، وهذا يعنى أن قطبية الأهداب تزيد فى حالة وضعها المعتدل (Hudspeth, 1983; Dallos, 1992). ويبين الشكل رقم (٦٣) نموذجا للأهداب فى وضعها الرأسى.



شكل (٦٣) يوضح نموذجا للأهداب فى وضعها المعتدل حيث تكون أبواب المصائد مغلقة الأمر الذى يمنع أيونات البوتاسيوم من التدفق داخل خلايا هذه الأهداب.

أما فى حالة إنحناء الأهداب الطويلة فإن ألياف الأكتين التى تربط قمتها بأبواب المصائد فى الأهداب القصيرة تعمل على فتحها مما يسمح لأيونات البوتاسيوم ذات الشحنة الموجبة بالتدفق داخل خلايا الأهداب القصيرة كما يبين ذلك الشكل رقم (٦٤) مما يقلل من قطبيتها بنحو (٢٠) مللى فولت أى تقل قطبية الخلية الهدبية، وهذا بدوره ينبه الجزء الأسفل من الخلية الهدبية مما يجعلها تطلق مواد ناقلة عصبية تنبه خلايا العقدة الحلزونية التى يتكون منها العصب السمعى (Pickles, 1993.B).



شكل (٦٤) يبين نموذجاً للأهداب فى حالة إنحنائها حيث تنفتح أبواب المصائد فى الأهداف القصيرة مما يسمح لأيونات البوتاسيوم ذات الشحنة الموجبة بالتدفق داخل خلايا هذه الأهداب.

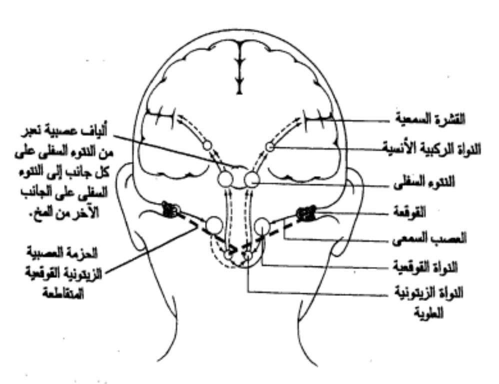
ب- العصب السمعى :

يتكون العصب السمعى من خلايا العقدة الحلزونية، وتنقسم الألياف العصبية للعصب السمعى إلى قسمين حيث يحتوى القسم الأول منها على (٩٥٪) تقريباً من هذه الألياف العصبية، وخلايا هذا القسم تنقل المعلومات السمعية من الخلايا الشعرية الداخلية والخارجية التى توجد فى القناة القوقعية بالأذن الداخلية إلى المراكز السمعية بالمخ لإدراكها، أما القسم الآخر فإنه يحتوى على الجزء المتبقى من هذه الألياف العصبية والتى تعادل (٥٪) تقريباً من ألياف العصب السمعى حيث تختص الخلايا العصبية لهذا القسم بنقل المعلومات السمعية فى عملية التغذية المرتجعة من المراكز السمعية بالمخ إلى أجزاء الجهاز السمعى الدنيا لكى تساعد فى معالجة بعض المعلومات السمعية الصاعدة إلى

المراكز السمعية بالقشرة المخية (Pickles, 1993,A)، وتسير الألياف العصبية الصاعدة إلى المخ والهابطة منه في عدة مسارات نبينها فيما يلي:

المسارات العصبية السمعية

يوضح الشكل رقم (٦٥) رسماً توضيحياً للمسارات العصبية السمعية، ونظراً لأن المسارات السمعية لكل أذن من الأذنين تشبه تماماً المسارات السمعية للأذن الأخرى، لذلك سنركز في عرضنا على المسارات العصبية السمعية الخاصة بأذن واحدة وذلك تبسيطاً للعرض حتى لا يحدث خلط بين المعلومات والمصطلحات أو لبس في فهم معانيها.



شكل (٦٥) يبين رسما توضيحيا لمسارات العصب السمعى بداية من الأذن الداخلية حتى المراكز السمعية بالقشرة المخية.

ويبدأ العصب السمعى من القناة القوقعية بالأذن الداخلية حيث تتصل أليافه العصبية بالخلايا الشعرية الداخلية والخارجية ثم تخرج منها متجهة إلى النواة القوقعية التى تقع أسفل فص المخ القفوى على نفس الجانب من الرأس الذى توجد فيه الأذن، وكل نواة قوقعية عبارة عن نواتين قوقعيتين صغيرتين متجاورتين إحداهما تقع فى الجهة الأمامية لذلك يطلق عليها النواة القوقعية الأمامية، والأخرى تقع فى الجهة الخلفية لذلك يطلق عليها النواة القوقعية الخلفية (Brugge, 1992).

وتنقسم ألياف العصب السمعى التى تخرج من القوقعة إلى قسمين. فالقسم الأول منها يتجه إلى النواة القوقعية الأمامية التى تقع فى المخ على نفس جانب الأذن التى يخرج منها العصب السمعى، أما القسم الثانى منها فإنه يتجه إلى النواة القوقعية الخلفية التى تقع على الجانب الآخر من المخ الذى توجد فيه الأذن الأخرى. بعد ذلك تخرج من النواة القوقعية الأمامية التى أشرنا إليها أليافاً عصبية أخرى حيث يتجه نصفها تقريباً إلى النواة الزيتونية العلوية التى تقع على نفس جانب المخ الذى توجد فيه النواة القوقعية الأمامية، أما النصف الآخر من هذه الألياف العصبية فإنها تتجه إلى النواة الزيتونية العلوية التى تقع على الجانب الآخر من المخ، وهذا يعنى أن النواة الزيتونية العلوية تستقبل معلوماتها السمعية من كلتا الأذنين، أما النواة القوقعية (الأمامية والخلفية) فإنها تستقبل معلوماتها السمعية من أذن واحد (Webster, 1991).

أما ابالنسبة للنواة القوقعية الخلفية فإنها ترسل جميع أليافها العصبية للنتوء السفلى الذى يقع على الجانب الآخر من المخ، وهذا النتوء يقع أسفل النتوء العلوى الذى يدخل ضمن مكونات الجهاز البصرى. ويعتبر النتوء السفلى محطة

عصبية تلتقى عندها مسارات العصب السمعى الصاعدة إلى المراكز السمعية بالقشرة المخية مع المسارات العصبية الهابطة منها إلى المناطق الدنيا فى الجهاز السمعى حيث تقوم هذه المسارات العصبية الأخيرة بعملية التغذية المرتجعة والتى تعمل معلوماتها على تصنيف وتشفير المعلومات السمعية الصاعدة إلى المخ وكذلك معالجة جزء منها فى النتوء السفلى، كذلك ترسل النواة الزيتونية العلوية بعض أليافها العصبية إلى النتوء السفلى على نفس الجانب حيث تتجه إلى المسار السمعى الصاعد، بينما ترسل البعض الآخر من هذه الألياف العصبية إلى القوقعة حيث تتجه إلى المسار السمعى الهابط وهناك تتصل بعض هذه الألياف العصبية بالخلايا الشعرية الداخلية للأذن الداخلية التى تقع على نفس الجانب الذى توجد فيه النواة الزيتونيـة العلوية التى تخرج منها هذه الألياف العصبية، بينما يتصل بعضها الآخر بالخلايـا الشعرية الخارجية للأذن الداخلية التـى تقـع على الجانب الآخر من الرأس، والألياف العصبية فى المسار السمعى الهابط التى تخرج من النواتين الزيتونيتـين العلويتين تلتقى عند نقطة تسمى نقطة تقاطع الحزمة العصبية الزيتونية القوقعية (Oliver & Huerta, 1991).

ويقوم النتوء السفلى بمعالجة جزء كبير من المعلومات السمعية التى يستقبلها، ولما كان هذا النتوء يستقبل معلوماته من كلتا الأذنين لذلك يرى العلماء أن معلومات الموقع وتحديد وجهة الصوت تعالج فى النتوء السفلى. والجدير بالذكر أن خلايا هذا النتوء مرتبة ترتيبـا منظمـاً يسـمى الترتيـب النغمى حيث تتجاور عليه مواقع الخلايا الحسـاسة لترددات متشابهة (Pickles, 1988; Caird, 1991)، وفضـلا عن ذلـك فإن النتـوء السفلى يرسل معلوماته السمعية إلى النتـوء العلوى الـذى يقـع على نفس جانب موقعه بالمخ، وهذا يـؤدى إلـى حدوث تكامل بين المعلومات المكانية

السمعية والبصرية ولذلك فإنها تساعد فى إدراك المنبهات الصوتية ومواقعها إدراكا صحيحا. كذلك يرسل النتوء السفلى على كل جانب أليافاً عصبية إلى النتوء السفلى الذى يقع على الجانب الآخر بحيث يكون لدى كل نتوء سفلى معلومات كاملة عن ما يحدث فى النتوء السفلى الذى يقع على الجانب الآخر بالمخ، كما تخرج أيضاً من النتوء السفلى ألياف عصبية أخرى تتجه إلى النواة الركبية الأنسية (الداخلية) التى تقع بالقرب من النواة الركبية الجانبية التى توجد على نفس الجانب والتى تنتمى للجهاز البصرى (Irvine, 1992; Stein & Meredith, 1993).

ونلاحظ من عرضنا السابق أن العصب السمعى لكل أذن تتجه معظم أليافه العصبية إلى الجانب الآخر فى مسارها إلى المراكز السمعية بالقشرة المخية بمعنى أن معظم ألياف العصب السمعى للأذن اليمنى تتجه إلى المراكز السمعية التى تقع فى الفص الصدغى الأيسر، والعكس صحيح. وعلى أية حال إن جميع خلايا العصب السمعى حساسة لمدى معين من ترددات الصوت (Clarey, *et al*, 1992).

ثالثاً: المراكز السمعية فى القشرة المخية:

إن المراكز السمعية لا توجد على السطح الخارجى للقشرة المخية، ولكنها توجد داخل شقين عميقين فى كل فص من الفصين الصدغيين، وهى تتلقى مدخلاتها السمعية من الألياف العصبية التى تخرج من النواة الركبية الأنسية (الداخلية). وتتكون المراكز السمعية فى كل فص صدغى من منطقتين رئيسيتين، ومناطق أخرى معاونة لهما. فالمنطقتان الرئيسيتان هما المنطقة رقم (٤١) والتى تسمى المنطقة السمعية الأولية، والمنطقة رقم (٤٢) والتى تسمى المنطقة السمعية

الثانوية، وأما المناطق المعاونة لهما فهى المنطقة رقم (٢٢) التى تختص بإدراك الحديث، والمناطق الأخرى المجاورة للمنطقتين السمعيتين الأولية والثانوية. والجدير بالذكر أن خلايا المراكز السمعية مرتبة ترتيبا نغمياً حسب الحساسية لترددات الأصوات مثل جميع خلايا العصب السمعى، ولذلك تقع الخلايا العصبية التى تستجيب لتردد معين متجاورة فى مكان واحد بالمراكز السمعية، وهذا يعنى أن كل خلية عصبية فى المراكز السمعية لا تستجيب إلا لتردد محدد من ترددات الصوت. وهناك بعض الخلايا فى المراكز السمعية لا تستجيب إلا للنغمات النقية فقط، وبعضها الآخر لا يستجيب إلا للنغمات المعقدة، وعلى أية حال فإن كل خلية فى المراكز السمعية تتصل بخلية شعرية فى الأذن الوسطى ولذلك لا تستجيب هذه الخلية العصبية التى توجد فى المراكز السمعية إلا للتردد الصوتى الذى تستجيب له الخلية الشعرية التى تتصل بها (**Clarey, *et al*, 1992**).

ونود أن نبين فى هذا المقام أن معرفتنا الدقيقة بمناطق معالجة المعلومات السمعية فى القشرة المخية مازالت محدودة جداً مقارنة بمعرفتنا بمناطق معالجة المعلومات البصرية . ولذلك يرى فريقاً من العلماء أن أغلب المعلومات السمعية يتم معالجتها فى المسارات السمعية قبل أن تصل إلى المراكز السمعية بالقشرة المخية، ولكن فريق آخر من العلماء يرى أن هناك مناطق عديدة بالقشرة المخية تعالج المعلومات السمعية ولكننا مازلنا نجهل هذه المناطق ودورها فى معالجة هذه المعلومات لأن معرفتنا بالجهاز السمعى بصفة عامة مازالت متأخرة جداً عن معرفتنا بالجهاز البصرى (**Pickles, 1988**).

إدراك الصوت :

إن الطاقة التنبيهية لحاسة السمع هى الطاقة الميكانيكية (الصوت)، وأدنى قدر من الصوت الذى يسمح بتنبيه الأذن يطلق عليه العتبة المطلقة للصوت.

والأذن ذات السمع الطبيعي تكون حساسة للأصوات التي يتراوح تردد موجاتها الصوتية بين (٢٠٠٠ – ٥٠٠٠) هيرتز، ولكنها تكون أشد حساسية للأصوات التي يتراوح تردد موجاتها الصوتية بين (٣٠٠٠ – ٤٠٠٠) هيرتز، كما أن شدة الأصوات تؤثر على إدراكها لذلك يصعب على الفرد سماع وإدراك الأصوات الضعيفة جداً والشديدة جدا (Betke, 1991).

وتؤثر كل من مدة انبعاث الصوت وشدته في تحديد العتبة المطلقة لهذا الصوت. فمثلا إذا كان هناك صوت ينبعث لمدة (٥٠) مللي ثانية، وكانت شدته تعادل (١٠) ديسيبيل فإن عتبته المطلقة تعادل العتبة المطلقة للصوت الذى تبلغ مدة إنبعاثه (١٠٠) مللي ثانية، وشدته (٥) ديسيبيل. أما الأصوات التي تزيد مدة انبعاثها عن (٢٠٠) مللي ثانية فإن هذه المدة لا تؤثر على العتبة المطلقة لإدراك هذه الأصوات (Hudspeth, 1989).

وتتحدد شدة الصوت بعدد النغمات المكونة له حيث تختلف شدة الصوت الذى يتكون من نغمة واحدة عن شدة الصوت الذى يتكون من عدة نغمات نقية والتي يطلق عليها نغمة مركبة أو معقدة. ولذلك فإنه في حالة سماع الأذن لنغمة مركبة فإن الجهاز السمعي يقوم بجمع الاستجابات العصبية للنغمات النقية المكونة للنغمة المركبة ثم يصدر لها استجابة مركبة تتحدد شدتها من مجموع شدة النغمات النقية المكونة للنغمة المركبة بشرط أن تكون الفروق بين ترددات هذه النغمات النقية قليلة لأن الجهاز السمعي لا يستطيع جمع استجابات النغمات النقية التي تكون الفروق بين تردداتها كبيرة (Scharf, 1975).

ظاهرة حجب (إخفاء) الصوت

تتميز الأذن بقدرتها على تحليل الصوتِ والتمييز بين نغماته المختلفة ولكن هناك حداً لهذه القدرة على التحليل. وهنا تتضح ظاهرة إخفاء الصوت التى مؤداها: أنه إذا تصاحب صوتان أحدهما كان شديداً (عاليا)، والآخر كان ضعيفاً (خافتا) فيمكننا سماع الصوت العالى بينما يختفى الصوت الخافت (الضعيف) فى ثناياه ويُحجب إلى حدٍ كبير. ويرى العلماء أن ظاهرة إخفاء الصوت تعد مضادة لظاهرة تحليل الصوت التى تقوم بها الأذن الإنسانية، وأنها تدل على عجز الأذن الإنسانية عن تحليل الصوت والتمييز بين السلم ووحداته التى يتركب منها **(عبد الحليم محمود وآخرون، ١٩٩٠)**.

وترجع ظاهرة إخفاء الصوت من جهة لأن ذبذبات الصوت العالى تمتد على الغشاء القاعدى الذى يوجد فى القناة القوقعية لمسافة أطول من مسافة امتداد ذبذبات الصوت الخافت على هذا الغشاء، وهذا بدوره يؤدى إلى ضعف ذبذبات الصوت الخافت على الغشاء القاعدى واختفائها تحت تأثير ذبذبات الصوت العالى، ومن جهة أخرى تعمل الخلايا الشعرية التى تستجيب لتنبيه الصوت العالى على كف الخلايا الشعرية التى تستجيب لتنبيه الصوت الخافت عن الاستجابة لذبذبات نغمات الصوت الضعيفة، ومحصلة ما سبق أن الأصوات الخافتة تختفى تحت تأثير الأصوات العالية **(Delgutte, 1990)**.

ولقد بينت الدراسات العلمية التى أجريت فى هذا المجال أنه كلما زادت شدة الصوت زادت قدرته على إخفاء الأصوات الضعيفة المصاحبة له لأن الصوت العالى نظراً لأنه الأشد فإنه يجعل الغشاء القاعدى يهتز لمدة أطول وبقوة أشد من اهتزازه للصوت الخافت، ولذلك تقوم الأصوات العالية (الشديدة)

بحجب الأصوات الخافتة (الضعيفة) المصاحبة لها (Carlyon, 1988)، وعندما ينبعث أحد الصوتين العالى أو الخافت من مصدره قبل الآخر فإن عملية الحجب تكون ضعيفة، ولكنها تكون أكثر وضوحاً عندما ينبعث هذان الصوتان من مصدريهما في آن واحد حيث يصعب على الجهاز السمعى فى هذه الحالة أن يميز نغمات الصوت الخافت التى تتحجب فى ثنايا نغمات الصوت العالى (Neff, 1991).

تحديد موقع الصوت وإتجاهه :

إن الجهات الجغرافية لها أهمية خاصة فى تحديد موقع الصوت ووجهته، كما أن موقع الأذنين على جانبى الرأس لهما أهمية بالغة فى إدراك الإنسان لاتجاه الصوت. فالصوت الذى يأتى من الجانب الأيمن يصل إلى الأذن اليمنى أسرع من وصوله للأذن اليسرى، كما أن تأثيره على الأذن اليمنى يكون أشد من تأثيره على الأذن اليسرى، ويستطيع الإنسان إدراك مواقع الأصوات بكونها يميناً أو يساراً إدراكاً صحيحاً، ولكنه قد يخطئ فى تحديد موقعها بكونها للأمام أو للخلف (**عبد الحليم محمود، وآخرون، ١٩٩٠**). ويمكننا تحديد موقع الصوت من خلال المعلومات السمعية التى تمدنا بها إحدى الأذنين أو كلتيهما والتى يطلق عليها الإشارات الصوتية، ونقدم عرضا مختصراً لهذه الإشارات الصوتية فيما يلى:

الإشارات الصوتية :

هناك عدد من الإشارات الصوتية يمكن من خلالها تحديد مواقع الأصوات ووجهتها وهى كما يلى:

١ - الفروق فى الشدة : إذا كان هناك صوت يمر بجوار الأذن اليسرى بزاوية قدرها (٣٠°) فإن هذا يعنى أن الأذن اليسرى ستقع فى مسار الموجات الصوتية المنبعثة من الصوت، أما الأذن اليمنى فسوف تحجبها الرأس جزئيا عن مصدر هذا الصوت، ولذلك سيصل هذا الصوت إلى الأذن اليمنى بشدة أقل من الشدة التى يصل بها إلى الأذن اليسرى. وهناك مساران يمكن للصوت الضعيف أن يصل من خلال أحدهما للأذن اليمنى. فإما أن ينحنى الصوت ويدور حول الرأس بعد الاصطدام بها، وإما أن يمر عبر الجمجمة ويواصل السير حتى يصل إلى الأذن اليمنى.

وهناك فروق بين الأصوات الضعيفة التردد أى ذات الموجات الصوتية الطويلة (المرتفعة)، والأصوات قوية التردد أى ذات الموجات الصوتية القصيرة (المنخفضة) فى إمكانية وصولها للأذن اليمنى. فالأصوات الأولى لن تجد صعوبة فى تخطى الرأس والجمجمة أو الدوران حولها ولذلك ستصل بقوة إلى الأذن اليمنى. بينما ستجد الأصوات الثانية صعوبة فى ذلك لأن شدتها الضعيفة ستقلل من قدرتها فى الدوران حول الرأس أو الجمجمة ولذلك ستصل إلى الأذن اليمنى كصدى صوت، وهذا من شأنه فى كلتا الحالتين السابقتين أن يساعد على تحديد أو إدراك جهة ومكان الصوت فى الفراغ المحيط بالفرد لأن الصوت المرتفع الذى يأتى من الجانب الأيسر سيكون أكثر انخفاضا على الأذن اليمنى منه على الأذن اليسرى (**عبد الحليم محمود وآخرون، ١٩٩٠**).

ويمكننا استخدام الفروق فى شدة الصوت بين الأذنين كإشارة لتحديد موقع الصوت وجهته لأن الأذن القريبة من مصدر الصوت سوف تتلقى الصوت بشدة أكبر من التى تتلقاه بها الأذن التى تقع فى الجهة الأخرى من الرأس والتى

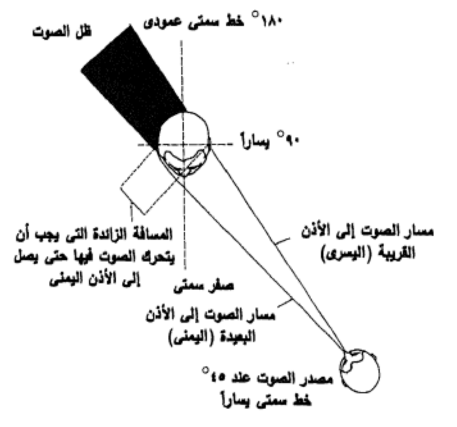
تكون بعيدة عن مصدر الصوت بعد دورانه حول الرأس أو الجمجمة، ولذلك سيصل الصوت للأذن اليمنى على هيئة صدى صوت (Middlebrooks, *et al*, 1989)، وبصفة عامة ووفقا للفروق فى شدة المنبه السمعى فإن دقة تحديد وجهة الصوت وموقعه تتوقف على مدى انخفاض التردد أو ارتفاعه حيث تزيد دقة تحديد الموقع مع الصوت منخفض التردد، أى الصوت ذى الموجات الطويلة، والعكس صحيح، ولهذا السبب فإن الصوت مرتفع التردد أى ذى الموجات القصيرة يُضعف من قدرة الفرد على تحديد وجهة الصوت وفقاً لهذا المؤشر (**عبد الحليم محمود ، وآخرون، ١٩٩٠**) .

٢ – **الفروق فى التوقيت**: عندما ينبعث الصوت من زاوية معينة فإنه يصل إلى كلتا أذنى المستمع فى توقيتين مختلفين لأن الموجات الصوتية التى تصل إلى الأذن البعيدة عن مصدر الصوت تدور حول الرأس أو الجمجمة قبل أن تصل لتلك الأذن، ورغم أن الفروق بين هذين التوقيتين تكون ضئيلة جداً إلا أنها تشير إلى موقع ووجهة الصوت (Middlebrooks, *et al*, 1989).

ونظراً لأن أقصى مسافة يمكن تحديد موضع الصوت على أساسها هى (٢٣) سنتيمتر تقريباً مع زاوية إسقاط للخط السمتى[1] تساوى (٩٠) درجة، فإن أقصر موجة صوتية يمكن سماعها وتحديد موضعها بناء على الفروق فى توقيت وصولها لكلتا الأذنين ينبغى أن لا يقل طولها عن (١١,٥) سنتيمتر، ولايقل ترددها عن (١٥٠٠) ذبذبة فى الثانية (**عبد الحليم محمود ، وآخرون، ١٩٩٠**).

(١) مصطلح الاسقاط السمتى من المفاهيم الشائعة فى علم الفلك، وزاوية الاسقاط السمتى عبارة عن خط بيانى يمثل الزاوية التى يسقط بها الصوت على أذن المستمع.

فإذا كان هناك صوت ينبعث من زاوية إسقاط سمتي قدرها (٤٥) درجة كما هو مبين في الشكل رقم (٦٦)، فإن هذا يعني أن الأذن القريبة من مصدر الصوت سوف تتلقى الصوت مباشرة من مصدره لذلك سيصلها هذا الصوت شديداً، أما الأذن التي تقع بعيداً عن مصدر الصوت في المنطقة التي تسمى منطقة ظل الصوت فإن الصوت سوف يصل إليها بعد دورانه حول الرأس أو الجمجمة ولذلك سيصل إليها ضعيفاً، والفروق في توقيت وصول هذا الصوت إلى كلتا الأذنين رغم أنها قليلة جدا، إلا أنها تحدد موقع الصوت ووجهته من المستمع (Middlebrooks, et al, 1989).



شكل (٦٦) يبين رسما توضيحيا لإمكانية تحديد موقع ووجهة الصوت بناء على الفروق في توقيت وصول هذا الصوت إلى كلتا الأذنين.

وفضلاً عما سبق فإن الفروق الزمنية بين تنبيه الأذنين ينتج عنها اختلاف في زاوية المرحلة التي أشرنا إليها عند عرضنا لخصائص الموجات الصوتية في موضع سابق حيث تستقبل الأذن القريبة من مصدر الصوت ذبذبات الموجات الصوتية عند زاوية مرحلة تختلف عن زاوية المرحلة التي تصل فيها ذبذبات هذه الموجات الصوتية للأذن الأخرى البعيدة عن مصدر الصوت لأن الوقت الذي تستغرقه الدورة الذبذبية الكاملة يكون أكبر من الفرق الزمني بين تنبيه الأذنين بأي موجات صوتية. فمثلاً إذا كان الصوت لنغمة نقية يبلغ ترددها (١٠٠٠) هيرتز وتستغرق دورتها الذبذبية الكاملة مللي ثانية واحد. فإذا وصلت هذه النغمة الصوتية للأذن القريبة من مصدر الصوت قبل الأذن الأخرى البعيدة عنه بفارق زمني قدره (٥٠ر٠) مللي ثانية. فإن هذا يعني أن الصوت قد وصل إلى الأذن القريبة أسرع من وصوله إلى الأذن البعيدة بنصف دورة ذبذبية، ولذلك يستخدم الفرق الزمني بين استقبال كلتا الأذنين للتنبيه كإشارة لتحديد وجهة الصوت حيث يكون موقعه تجاه الأذن التي تستقبل التنبيه أولاً (Klasco & Baum, 1994).

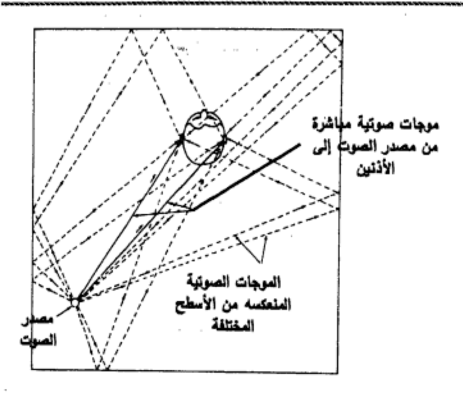
٣ ـ **تضخيم الصوت:** لقد ذكرنا في عرضنا لفروق الشدة أن الموجات الصوتية التي تستقبلها الأذن القريبة من مصدر الصوت تكون أشد من الموجات الصوتية التي تستقبلها الأذن الأخرى البعيدة حيث تضعف شدته عندها بعد دورانه حول الرأس أو الجمجمة، كما أشرنا أيضا عند عرضنا للأذن الخارجية – أحد مكونات الجهاز السمعي – أن صيوان الأذن يقوم بتجميع الموجات الصوتية التي تصطدم به ويضخمها ويوجهها نحو طبلة الأذن، وهذا يعني أن الموجات الصوتية التي تقع على طبلة الأذن القريبة من مصدر الصوت تكون بعد تضخيمها في صيوان هذه الأذن أشد بكثير من الموجات الصوتية التي تقع على

طبلة الأذن الأخرى البعيدة عن مصدر هذا الصوت بعد تضخيم موجاتها الصوتية في صيوان تلك الأذن، ولذلك تستخدم الفروق بين شدة الموجات الصوتية التي تقع على طبلتي كلتا الأذنين بعد تضخيمها كإشارة لتحديد موقع ووجهة الصوت حيث تكون الموجات الصوتية التي تقع على طبلة الأذن القريبة من مصدر الصوت أشد من الموجات الصوتية التي تقع على الأذن الأخرى البعيدة عنه (Asano, et al, 1990).

٤ ـ **حركات الرأس:** تؤدي حركات الرأس واستدارتها بزوايا مختلفة جهة اليمين أو اليسار دوراً رئيسياً في تحديد موضع المنبه السمعي وجهته، وكذلك معرفة ما إذا كان مصدره قريباً أم بعيداً بحيث يمكن تقدير الحيز والمسافة التي تقع بين مصدر التنبيه والمستمع. فأنت مثلا إذا واجهتك أصوات لاتستطيع تمييز مواضعها ووجهتها منك فيمكنك أن تحرك رأسك يمينا أو يساراً لأعلى أو لأسفل بزوايا مختلفة لتحديد جهة وموضع الصوت في الفراغ المحيط بك، وهذه الظاهرة تسمى «مخروط الخلط أو التشويش الصوتي». وهذا يعني أن حركات الرأس التي تقوم بها في اتجاهات وزوايا مختلفة تساعدك على تحديد موضع أو مكان المنبه السمعي منك وسط هذا الخليط المشوش من المنبهات السمعية (**عبد الحليم محمود ، وآخرون، ١٩٩٠**).

كذلك تقدم حركات الرأس معلومات للفرد تبين له أن الصوت الذي يسمعه إما أنه حقيقي، أو أنه مجرد طنين في الأذنين مثل الطنين الذي يشعر به الفرد في أذنيه عندما يكون مصاباً بنزلة برد. فحركات الرأس ودورانها تغير من شدة الصوت الحقيقي الذي تستقبله الأذنين، أما الطنين فنظراً لأنه يتولد داخل رأس الفرد، لذلك يظل ثابتا مهما حرك الفرد رأسه في اتجاهات وزوايا مختلفة (Noble & Gates, 1985; Simmons, 1989).

٥ ـ **صدى الصوت:** عندما تكون فى مكان تحيطه حواجز أو جدران كالحجرة مثلاً، فإن الصوت الذى ينبعث فى هذه الحجرة سوف تتناثر موجاته الصوتية فى أرجائها على الجدران والسقف والأرضية، ولذلك فإن بعض موجاته سوف تأخذ مسارها إلى الأذنين مباشرة، أما البعض الآخر فسوف تنعكس عدة مرات بين الجدران والسقف والأرضية قبل أن تصل إلى أذنيك كما يبين ذلك الشكل رقم (٦٧)، ورغم أن الموجات الصوتية المنعكسة من الأسطح المختلفة المكونة للغرفة تصل جميعها إلى أذنيك إلا أن جهازك السمعى لايستجيب إلا للموجات الصوتية الأسرع التى تصل إليه مباشرة من مصدر الصوت ويتجاهل الموجات الصوتية الأخرى المنعكسة التى تصله بعد ذلك إذا كانت المدة الزمنية التى تفصلها عن الموجات الصوتية للصوت الحقيقى تقل عن (٣٥) مللى ثانية، وهذه الظاهرة تسمى ظاهرة السبق الصوتى، وهى تعنى أن الجهاز السمعى يستجيب لتنبيه الموجات الصوتية الأسرع التى تصله مباشرة من مصدر التنبيه، أما الموجات الصوتية المنعكسة من الأسطح المختلفة المحيطة بمصدر التنبيه فإن الجهاز السمعى يتجاهلها عندما يكون الفاصل الزمنى بينها وبين الموجات الصوتية التى تصله مباشرة من مصدر التنبيه أقل من (٣٥) مللى ثانية، بينما يميزها على أنها صدىً للصوت إذا كان هذا الفاصل الزمنى يزيد عن (٣٥) مللى ثانية، ويحدث السبق الصوتى عادة فى الأماكن المغلقة التى يحيطها حواجز أو جدران (Zurek, 1980; Rakerd & Hartmann, 1985).



شكل (٦٧) يبين مسارات الموجات الصوتية التى تنبعث فى الأماكن المغلقة (Lindsay & Norman, 1977)

أما إذا كان الصوت ينبعث فى مكان مفتوح مثل الفراغ فإن الموجات الصوتية المنعكسة عن الصوت تصل إلى المستمع بعد موجات الصوت الحقيقى بفترة زمنية تزيد على (٣٥) مللى ثانية لذلك يدركها الجهاز السمعى على أنها صدى لهذا الصوت، وموجات صدى الصوت أضعف فى شدتها من موجات الصوت الحقيقى، كما أن سرعتها أقل منها، ولذلك تزيد المدة الزمنية الفاصلة بين الصوت وصداه كلما بعد مصدر الصوت عن المستمع، ولذلك يستخدم صدى الصوت كإشارة لتحديد وجهة الصوت ومسافته من المستمع حيث يتحدد بُعد هذه المسافة وفقاً للفارق الزمنى الذى يفصل بين الصوت وصداه (Butler, *et al*, 1980; Mershon, *et al*, 1989).

المراجـــــع

أولا: المراجع العربية

١- **عبد الحليم محمود السيد، وآخرون، (١٩٩٠)**. علم النفس العام، الطبعة الثالثة، مكتبة غريب بالقاهرة.

ثانيا: المراجع الاجنبية

2- **Asano, F., Suzuki, Y.,& Sone, T. (1990).** Role of Spectral cues in median plane localization. Journal of the Acoustical Society of America, 88, 159-168.

3- **Betke, K. (1991).** New hearing threshold measurements for pure tones under free field listening conditions. Journal of the Acoustical Saciety of America, 89, 2400-2403.

4- **Brugge, J.F. (1992).** An overview of central auditory processing. in A.N. Popper & R.R.Fay (Eds.), The mammalian auditory pathway: Neurophysiology (PP.1-33). New York: Springer-Verlag.

5- **Butler, R.A., Levy, E.T., & Neff, W.D. (1980).** Apparent distance of sound recorded in echoic and anechoic chambers. Journal of Experimental psychology: Human Perception and Physiology, 6, 745-750.

6- **Caird, D. (1991).** Processing in the colliculi. In R.A. Altschuler, R.P.Bobbin, B.M. Clopton, & D.W. Hoffman (Eds.), Neurobiology of hearing: The Central Auditory System (PP.253-292). New york: Raven.

7- **Carlyon, R.P. (1988).** The development and decline of forward masking. Hearing Research, 65-80.

8- **Clarey, J.C., Barone, P., & Imig, T.J. (1992).** Physiology of thalamus and cortex. In A.N.Popper & R.R. Fay (Eds.), The mammalian auditory pathway: Neurophysiology (PP.232-334). NewYork: Springer-Verlag.

9- **Dallos, P. (1992).** Neurobiology of cochlear hair cells. In Y. Cazals, L. Demany, & K. Horner (Eds.), Auditory Physiology and perception (PP.3-17). Oxford: Pergamon.

10- **Delgutte, B. (1990).** Physiological mechanisms of psychophysical masking: Observations from auditorynerve fibers. Journal of the Acoustical Society of America, 87, 791-809.

11-**Evans, E.F. (1982).** Basic physics and Psychophysics of sound.In H.B. Barlow & J.D. Mollon (Eds.), The senses (PP.239-250). Cambridge: Cambridge University Press.

12- **Gelfand, S.A. (1981).** Hearing. New york: Marcel Dekker.

13-**Green, D.M. (1976).** An introduction to hearing. Hillsdale, NJ:Erlbaum.

14- **Green, D.M. (1983).** Profile analysis: A different view of auditory intensity discrimination. American Psychology, 38, 133-142.

15- **Green, D.M., Kidd, G., & Picardi, M.C. (1983).** Successive versus simultaneous comparison in auditory intensity discrimination. Journal of the Acoustical Society of America, 73, 639-643.

16- **Green wood, D.D. (1990).** Acochlear frequency. Postion function for several species-29 years later. Journal of the Acoustical Saciety of America, 87, 2592-2605.

17- **Gulick, W.L.,Gescheider, G.A., & Frisina, R.D. (1989).** Hearing:Physiological acoustics, neural coding, and psychoacoustics. NewYork: Oxford University Press.

18- **Hudspeth, A.J. (1983)** The hair cells of the inner ear. Scientific American, 248(1), 54-64

19- **Hudspeth, A.J. (1985).** The cellular basis of hearing: The biophysics of hair cells. Science, 230, 745-752.

20- **Hudspeth, A.J. (1989).** How the ear's works work. Nature, 341, 397-404.

21- **Irvine, D.R.F. (1992).** Physiology of the auditory brainstem. auditory pathway: Neurophysiolobgy (PP.153-231). New york: Springer-Verlag.

22- **Klasco, M., & Baum, R. (1994).** The noise killers: Anew breed of headphones that lower the boom on background noise. Stereo Review, 108-114.

23-**Lim, D.J. (1980).** Cochlear anatomy related to cochlear micromechanics: Areview. Journal of the Acoustical Society of America, 67, 1686-1695.

24- **Lonsbury- Martin, B.l., Harris, F.P.Stagner, B.B., Hawkins, M.D., & Martim, G.K. (1990).** Distortion product emissions in humans: 1.Basic properties in normally hearing subjects. Annals of Otology, Rhinology and Laryngology, 99, 3-14.

25- **Luce, R.D. (1993).** Sound & Hearing : Aconceptual introduction. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

26- **Mershon, D.H.,Ballenger, W.l., Little, A.D., McMurtry, P.L., & Buchanan, J.L (1989).** Effects of room reflectance and background noise on perceived auditory distance. Perception, 18, 403-416.

27- **Middlebrooks, J.C., Makous, J.C., & Green, D.M. (1989).** Directional sensitivity of sound-pressure levels in the human ear canal. Journal of the Acoustical Society of America, 86, 89-108.

28- **Montgomery, J.C., & Mac Donald, J.A. (1987).** Sensory tuning of lateral line receptors in Antarctic fish to the movements of planktonic prey. Science, 235, 195-196.

29- **Nathan, P. (1982).** The nervous system (2nd ed.) Oxford : Oxford University Press.

30- **Neff, D.L. (1991).** Forward masking by maskers of uncertain frequency content. Journal of the Acoustical Society of America, 89, 1313-1323.

31-Noble, W.,& Gates, A. (1985). Accuracy, Latency, and Listener-search behavior in localization in the horizontal and vertical planes. Journal of the Acoustical Saciety of America, 78, 2005-2012.

32- Oliver, D.L., & Huerta, M.F. (1991). Inferior and superior colliculi, In D.B. Webster, A.N. Popper, & R.R. Fay (Eds.), The mammalian auditory pathway : Neuroanatomy (PP.168-221). NewYork: Springer-verlag.

33- Pang, x.D., & Peake, W.T. (1986). How do contractions of the stapedius muscle alter the acoustic properties of the ear? In J.B. Allen, J.L. Hall, A. Hubbard, S.T. Neely, & A.Tubis(Eds.), Peripheral Auditory Mechanisms (PP.36-43). Berlin: Verlag.

34- Pickles, J.O. (1988). An introduction to the physiology of hearing (2 nd ed.). London: Academic Press.

35- Pickles, J.O. (1993.a). Early events in auditory processing. Current Biology, 3, 558-562.

36-Pickeles, J.O. (1993.b). A model for the mechanics of the stereociliar bundle on acousticolateral hair cells. Hearing Research, 68, 159-172.

37- Rabbitt, R.D. (1990). Ahierarchy of examples illustrating the acoustic coupling of the eardrum. Journal of the Acoustical Saciety of America, 87, 2566-2582.

38- **Rakerd, B., & Hartmann, W.M. (1985).** Localization of sound in rooms : ll.The effects of a single reflecting surface. Journal of the Acoustical Saciety of America, 78, 524-533.

39- **Scharf, B. (1975).** Audition. In B.Scharf (Ed.), Experimental sensory psychology (PP.112-149). Glenview, IL: Scott, Foresman .

40- **Scharf, B., & Buus, S. (1986).** Audition I.In K.R. Boff, L.Kaufman, & J.P. Thomas (Eds.), Handbook of perception and human performance(PP. 14.1-14.71). New york: Wiley.

41-**Shera, C.A., & Zweig, G. (1991).** Asymmetry suppresses the cochlear catastrophe. Journal of the Acoustical Saciety of America, 89, 1276-1289.

42- **Simmons, J.A. (1989).** A view of the world through the bat's ear: the formation of acoustic images in echolocation. Cognition, 33, 155-1990

43- **Stein, B.E., & Meredith, M.A. (1993).** The merging of the senses. Cambridge, MA: MIT Press.

44- **Stinson, M.R., & Khanna, S.M. (1989)**. Sound propagation in the ear canal and coupling to the eardrum, With measurements on model systems. Journal of the Acoustical Saciety of America, 85, 2481-2491.

45- **Stokes, D. (1985).** The owl and the ear. The Stanford Magazine, PP. 24-28.

46- Warren, R.M. (1982). Auditory perception : Anew synthesis. Elmsford, NY: Pergamon.

47- Webster, D.B. (1991). An overview of mammalian auditory pathway With an emphasis on humans. In D.B. Webster, A.N. Popper, & R.R. Fay (Eds.), The mammalian auditory pathway: Neuroanatomy (PP.1-22). New york: Springer-Verlag.

48- Wier, C.G., Norton, S.J., & Kincaid, G.E. (1984). Spontaneous narrow-band oto-acoustic signals emitted by human ears: A replication. Journal of the Acoustical Society of America, 76, 1248-1250.

49- Zurek, P.M. (1980). The precedence effect and its possible role in the avoidance of interaural ambiguities. Journal of the Acoustical Society of America, 67, 952-964

مركز آيات للكمبيوتر والطباعة
مساكن الكوثة - الزراعة - الزقازيق
☎ ٠١٢/٣٣٩٧٦٤٧